VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Optimalizace hydraulického systému vazačů kontidrátové linky

Optimization of the Hydraulic System of Wire Track Binders

Student: Bc. František Velech
Osobní číslo: VEL0080
Vedoucí diplomové práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	**Bc. František Velech**
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma:	Optimalizace hydraulického systému vazačů kontidrátové linky Optimization of the Hydraulic System of Wire Track Binders
Jazyk vypracování:	čeština

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavku objednatele proveďte zhodnocení současného stavu hydraulického systému vazačů kontidrátové trati a navrhněte možné technické řešení vedoucí zejména k prodloužení životnosti a zvýšení provozní spolehlivosti.

V rámci zadání zpracujte:
1. Rešerši k výrobě za tepla válcovaného ocelového drátu o průměrech 5,5 až 14 mm. vyrábí ocelový drát válcovaný za tepla o průměrech 5,5 – 14 mm.
2. Zhodnocení současného stavu v provozu vazačů kontidrátové trati z pohledu tepelného zatížení samotného zařízení a hydraulické kapaliny.
3. Posouzení možností řešení zjištěných nedostatků v oblasti vazačů v přímé návaznosti na známá a dostupná řešení z průmyslové praxe.
4. Návrh konkrétního technického řešení vedoucího k prodloužení životnosti a zvýšení provozní spolehlivosti daného zařízení s popisem předpokládaných přínosů.

Seznam doporučené odborné literatury:

KLIBER, Jiří. *Základy tváření kovů.* 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. 267 s. ISBN 978-80-248-1794-1
NĚMEC, Milan, SUCHÁNEK, Jan a ŠANOVEC, Jan. *Základy technologie I.* Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 136 s. ISBN 80-01-03530-1
PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 1., Kapaliny v hydraulických mechanismech, hydrostatické převodníky.* 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2013. 154 s. ISBN 978-80-248-2983-8
KOPÁČEK, Jaroslav. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů.* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3
PEŤKOVÁ, Viera a STOPKA, Jozef. *Tribotechnika v teórii a praxi.* Košice: Vienala pre TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. 366 s. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. ISBN 978-80-8126-057-5
HELEBRANT, František, ZIEGLER, Jiří a MARASOVÁ Daniela. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika.* 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech kontidrátové linky získaných od firmy Liberty Ostrava a.s., firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 18. května 2020 ……..

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020

……
podpis studenta

Bc. František Velech
Fulnek
Děrné 48
742 45

Anotace

VELECH, F. *Optimalizace hydraulického systému vazačů kontidrátové linky:* diplomová práce. Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2020, 60 s. Vedoucí práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku hydraulického systému vazačů. Extrémní pracovní podmínky způsobují vysokou poruchovost. Problém nastává v životnosti hydraulického oleje, jeho zahřívání na vysokou teplotu a v nízké životnosti pryžového hydraulického vedení. Práce popisuje pracovní prostředí vazače, zhodnocení stavu před optimalizací, optimalizaci hydraulického systému, zhodnocení stavu po optimalizaci a sledování stavu po optimalizaci. V závěru jsou zhodnoceny dosažené výsledky, další možnosti zlepšení a možné úpravy.

Klíčová slova: hydraulický systém; optimalizace; životnost hydraulického oleje

Annotation

VELECH, F. *Optimalization of the Hydraulic System of Wire Track Binders:* Master Thesis, Ostrava VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2020, 60 p. Thesis head: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

The diploma thesis focuses on the issue of hydraulic system. Extreme working conditions cause high failure rates. The problem arises in the life of the hydraulic oil, its heating to a high temperature and the low life of the rubber hydraulic line. The work describes the working environment of the binder, evaluation of the state before optimalization, optimalization of the hydraulic system, evaluation of the state after optimalization and monitoring the state after optimalization. In the end, the achieved results, other possibilities for improvement and possible adjustments are evaluated.

Key words: hydraulic system; optimalization; hydraulic oil life

Obsah

Seznam použitých veličin

Kinematická viskozita	ν	[$mm^2 \cdot s^{-1}$]
Teplota	T	[°C]
Obsah vody	-	[%]
PPM (parts per million)	-	[miliontina celku]
Výkon	P	[kW]
Tlak	p	[MPa]
Čas	t	[s, min]
Délka	L	[m, µm, nm, mm]
Objem	V	[l, cm^3]
Hmotnost	m	[g, mg]

Seznam použitých zkratek

ČSN	Česká státní norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
EN	Evropská norma
NAS	National Aerospace standard (Národní letecký standard)
FTIR	Fourier Transform Infrared (rychlá Fourierova transformace infračerveného záření)
ATR	Attenuated Total Reflectance (zeslabení totálního odrazu)
ED – XRF	Energy Dispersive X-ray Fluorescence (Energeticky disperzní rentgenová fluorescence)
HHC	Hrubá profilová trať
FZM	Faserzement-Mörtelmhüllung (cementovláknitá izolace)
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
max.	maximálně
cca.	přibližně
PLC	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)

Úvod

Při výrobě drátu metodou válcování za tepla dochází k jistým úskalím. Drát je válcován za teploty převyšující 900 °C. Takto zahřátý drát klade vysoké nároky na výrobní stroje. Každá součást kontidrátové linky, která přichází do styku s drátem, je extrémně namáhána. Jsou proto vyrobeny z otěruvzdorných materiálů. Drát, který projde celým procesem válcování a smyčkování, je smotán do svitku. Poté je dopraven dopravníkem pod rameno vazače, kde je svázán. Zde nastává problematická situace. Drát má v tuto chvíli stále vysokou teplotu a je držen pod vazačem, dokud není připraven další svitek. Po celou dobu je nahříváno rameno vazače i s hydromotory. Dochází k extrémnímu ohřevu hydraulické kapaliny, dále k poruchám na hydraulickém vedení, zejména pryžových hydraulických hadicích, které důsledkem vysoké teploty praskají.

Provoz kontidrátové linky vyžaduje stálé inovování. Zvyšování spolehlivosti, životnosti a bezpečnosti při provozu vede k šetření nákladů. Současný stav vazačů vyžaduje jistou pozornost z hlediska inovace. Při provozu dochází k nečekaným poruchám. Jedná se zejména o poruchy na hydraulickém systému, vedení drátu a dělících nožů.

Cílem práce je nalezení možného technického řešení, vedoucího ke zvýšení spolehlivosti hydraulického okruhu vazačů, zvýšení životnosti olejové náplně a snížení časové náročnosti na údržbu.

Pro zjištění, zda dané řešení plní očekávané výsledky, bude sledován další provoz. Mezi sledované parametry patří tribologické rozbory hydraulického oleje a termodiagnostika hydraulického systému.

1. Liberty Ostrava a. s.

Liberty Ostrava a.s. patří v současné době pod nadnárodní skupinu Liberty Steel. Liberty Steel se zabývá výrobou ocelí, výrobků z ní a těžbou nerostných surovin. Působí na šesti kontinentech, kde zaměstnává asi 30 000 zaměstnanců. Společnost Liberty Ostrava a.s. zaměstnává jen v Moravskoslezském kraji asi 6 500 občanů. [1]

Společnost dokáže vyprodukovat 2 miliony tun oceli ročně. Její uplatnění nalezneme v různých odvětvích, jako je například strojírenství nebo stavebnictví. V České republice je největším výrobcem trubek a svodidel. Cílem firmy je také export mimo tuzemský trh. V tuto chvíli exportuje do zhruba 40 zemí na světě. V posledních letech probíhá intenzivní boj o snížení dopadu výroby na životní prostředí. [1]

Obr. 1: Logo Liberty Ostrava a.s.
Zdroj: *Https://libertyostrava.cz/* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://libertyostrava.cz/o-spolecnosti/o-spolecnosti.aspx

1.1. Historie společnosti

Historie společnosti sahá do roku 1942 s názvem Vítkovické železárny. Umístění ovšem neumožňovalo další rozvoj. Proto se přistoupilo k výstavbě nového závodu v Kunčicích, probíhající v letech 1947 až 1948. V roce 1951 dochází k osamostatnění závodu v Kunčičkách. Závod v tuto chvíli tvoří dvě vysoké pece, pět koksárenských baterii, válcovna trubek, slévárna na šedou litinu, čtyři siemens-matrinské pece, část elektrárny, blokovna, pět hlubinných pecí. Do roku 1989 docházelo k postupnému rozšiřování výrobních kapacit a zlepšování kvality výrobků. Přichází i změna názvu na Nová Huť státní podnik. Modernizace stále postupovala.

Do roku 1999 byl spuštěn systém plynulého odlévání oceli, což přispělo ke snížení energetické náročnosti oproti odlévání do ingotů. Změnu roku 2003 přináší Lakshmi Mittal, který kupuje Novou Huť. Vzniká ISPAT Nová Huť, a.s. Roku 2004 přichází další změna názvu na Mittal Steel Ostrava, a.s. V rámci privatizace dochází k osamostatnění některých závodů. O dva roky dále dochází k převzetí tehdejší dvojky na trhu Arceloru.

Vzniká ArcelorMital Ostrava. Postupně se k ArcelorMital Ostrava zpátky přidružují odloučené závody. V červenci roku 2019 se společnost stává součásti Liberty group a její název byl změněn na Liberty Ostrava. [2]

1.2. Jednotlivé závody Liberty Ostrava a.s.

Označení jednotlivých závodů vychází z činnosti, kterou provádí a z pořadového čísla. V průběhu vývoje firmy některé závody zanikly a některé byly vytvořeny. Nové závody mají jen název, historicky starší obsahují i číslici. [3]

1.2.1. Závod 10 Koksovna

Skládá se ze tří koksárenských baterii, dvě s pěchovaným provozem a jedna velkoprostorová se sypným prostorem. Dohromady vyprodukují ročně až 1,5 mil. tun koksu. Na koksovnu plynule navazuje chemická část závodu. Zde se vyrábějí vedlejší produkty vznikající v koksovně. Jedná se zejména o surový koksárenský benzol, koksárenský plyn, kapalná síra, surový černouhelný dehet. Tyto produkty se dále využívají v chemickém průmyslu. [3]

1.2.2. Závod 12 Vysoké pece

Je složen ze čtyř vysokých pecí. Pro zajištění dostatečného množství surového železa pro výrobu jsou v provozu pouze dvě vysoké pece. Jejich výrobní kapacita činí více než 2 miliony tun surového železa ročně. [3]

Většina výrobní kapacity vysoké pece je situována do ocelárny (závod 13). Další asi 3,5 % část produkce je zpevňována na licím stroji podle aktuálních požadavků zákazníka. Tyto požadavky se zaměřují především na chemické složení. Nejmenší podíl z celkové produkce je využit slévárnou Liberty Engineer Products Ostrava s.r.o. Jedná se o cca 0,5%.[3]

Vsázka do vysoké pece je tvořena prachovými rudami, které jsou nejprve spékány v provoze 121- Aglomerace. Další části jsou pelety, druhotné suroviny a koksové rudy. Samotné palivo, vysokopecní koks, pochází ze závodu 10 – Koksovna. Zbylá potřebná součást paliva, jako je například metalurgický koks a ostatní paliva, je nakupován od externích dodavatelů. [3]

Vedlejším produktem z vysoké pece je například vysokopecní struska. Ta je prodávána zákazníkům jako struskové kamenivo v různých velikostních sortách

používaných zejména ve stavebnictví. Dále pak granulát jako příměs do betonových směsí. [3]

1.2.3. Závod 13 Ocelárna

Ocelárna společnosti Liberty patří na první místo v množství vyrobené oceli na území České republiky. Výrobu oceli zajišťují čtyři tandemové pece využívající kyslíkové pochody. Po provedení odpichu je nutné ocel upravit na požadovanou kvalitu, aby bylo možné ocel využít pro lití na pánvových pecích. Ocel se poté odlévá na třech zařízeních ZPO do různých tvarů, jako jsou sochory nebo bramky. Ročně tak je schopna dodat více než 3 mil. tun oceli. [3]

1.2.4. Závod 14 Válcovny

Závod Válcovny se skládá ze dvou profilových tratí, drátové a pásové. Výrobky se poté dodávají na trh. [3]

Střední a hrubou profilovou ocel vyrábí válcovací trať HHC. Jedná se o tyče kruhového průřezu, tvarové profily a speciální profily podle požadavku zákazníka. Trať válcuje také plochou ocel v různých šířkách od 130 do 170 mm a profily ocelových výztuží. [3]

Další významnou část výroby zajišťuje Kontidrátová trať. Na dvou válcovacích žilách se vyrábí za tepla válcované ocelové dráty. Jejich průřez se liší podle aktuálních požadavků zákazníků od 5,5 až 14 mm. [3]

Následující zařízení válcoven se nazývá Středojemná válcovna. Jak již z názvu vyplývá, jedná se válcovnu pro profilovou ocel středních až jemných rozměrů. Válcování probíhá za tepla. Konečné výrobky jsou žebříkové výztuže do betonu, speciální profily a U profily do 120 mm. [3]

Poslední trať válcoven se nazývá Pásová trať P1500. Výstupem je pás z různých konstrukčních ocelí. Používá se ocel pro tváření, uhlíkatá, nízkolegovaná, se zvýšenou pevností, pro hluboké tváření a mikrolegovaná. Pásy se vyrábějí v šířkách 740 až 1535 mm a o tloušťce 1,5 až 15 mm. Povrch pásu je upraven podle požadavku zákazníka ve dvou provedení, hladký nebo s oválnými výstupky. [3]

1.2.5. Závod 15 Rourovny

Jak již z názvu vyplývá, závod se věnuje výrobě trubek. Jedná se o největšího tuzemského výrobce. Hlavní procento výrobní kapacity tvoří výroba bezešvých trubek. Tyto trubky se válcují na dvou tratích Stiefel. Druhy výsledných bezešvých válcovaných trubek jsou hladké, závitové, olejářské a přírubové. Další dvě tratě s názvem St 4-10 a St 140 používají pro výrobu pouze předlitky, které se vyrábějí metodou plynulého odlévání. Závod se zabývá výrobou bezešvých trubek čerpacích, vrtných, naftovodných a olejářských – pažnicových. Pro tuto technologicky náročnou výrobu získal závod v roce 1957 oprávnění k označování olejářských trubek nápisem API. Jedná se zkratku American Petroleum Institute, která dokládá možnost použití s hořlavými látkami. Specialitou jsou pak pažnicové a čerpací trubky, které mají plynotěsný závitový spoje. [3]

Kromě výroby bezešvých trubek se v rourovně vyrábějí také trubky svařované. Děje se tak v provoze Svařovna trub. Trubky se vyrábějí z ocelového pásu válcovaného za tepla. Svar na trubkách je šroubovicový. Dle potřeb zákazníků jsou trubky dodávány v několika provedeních, v černém, s izolací FZM (vláknito – cementová izolace) a s izolací PE (polyethylenová). Vzhledem k použití trubek pro vedení zemního plynu je nutná precizní výstupní kontrola. Kontrolu požadované jakosti zajistí výstupní kontrola nedestruktivními zkouškami. [3]

1.2.6. Závod Údržba

Závod Údržba zajišťuje údržbu, modernizaci a případné opravy většiny zařízení. V případě poruchy pracuje na jejím operativním odstranění, a to v rámci celé Liberty Ostrava. Své služby poskytuje také svým partnerům skupiny Liberty. Dále jsou služby nabízeny zákazníkům tuzemským i zahraničním. [3]

Aby byla deklarována kvalita údržbářských a opravárenských prací, je závod certifikován několika společnostmi. Celková způsobilost k prováděným pracím je prověřena společností Bureau Veritas. [3]

Mezi další funkce Údržby patří vytváření podmínek pro bezpečnost práce a dohled na jejich dodržování. Dochází tak ke snižování počtu úrazů zaměstnanců. Nejdůležitější cíl Údržby je pak dodávka služeb jednotlivým zákazníkům v nejvyšší kvalitě. [3]

1.2.7. Závod 5 Doprava

Nedílnou součástí každé firmy je doprava. Pod tímto názvem se skrývá mnoho odvětví, které je potřeba správně řídit. Jedná se komplexní rozvoj dopravního systému, který bude spolehlivě pracovat. [3]

Závod řeší jak silniční, tak železniční dopravu, včetně nutných smluv, přesných harmonogramů a dodržování předpisů drážních zařízení. K zajištění odborné způsobilosti zaměstnanců, kteří se podílejí na provozování drážní dopravy, jsou prováděna odborná školení a následné přezkoušení. Do hlavní činnosti závodu patří zejména zajištění dodávek surovin po závod 12 (Vysoké pece). Mezi další činnosti závodu patří například zjišťování množství radioaktivního záření u silničních a vozových zásilek, provoz autobusové dopravy v areálu společnosti, údržba zeleně a vnitropodnikových komunikací včetně osvětlení. Dále závod zabezpečuje pravidelnou údržbu, popřípadě opravy veškerých vozidel, jako jsou lokomotivy, železniční vozy a automobily. [3]

1.3. Liberty Engineerring Products Ostrava s.r.o.

Jedná se o dceřinou společnost Liberty Ostrava a.s. Jediným vlastníkem společnosti je Liberty Ostrava a.s. Založena byla v roce 2011. Její tradice však trvá přes padesát let. Zaměřuje se zejména na strojírenskou výrobu, slévárenství, soustružení válců, opravy elektromotorů, tepelné zpracování kovů a železniční soukolí. Mimo hutní průmysl se firma okrajově zabývá petrochemickým, těžebním a automotivovým průmyslem. [3]

2. Stručná charakteristika kontidrátové tratě

Polotovarem pro výrobu drátu jsou používané plynulé lité předlitky (kontislitky) nebo sochory, které jsou dopravovány pomocí vagónů přímo z ocelárny. Předlitky pocházejí ze zařízení pro plynulé odlévání oceli č. 3. Po naskladnění předlitků do skladu Kontidrátové linky je každý kus opatřen číslem tavby, ze které pochází.

Výroba pokračuje přemístěním sochorů na sázecí rošty (obr. 2), kde se kontroluje povrch sochorů. Vadné kusy se vyřadí z výroby. Po kontrole povrchu jsou sochory po jednotlivých kusech zaváděny do pece. V peci se sochory posunují tlačkou. Jakmile sochory dosáhnou požadované tvářecí teploty, jsou vytlačovány z pece výtlačkou (obr. 3). Pomocí výhybky na konci pece je ohřátý materiál zaváděn do jedné z válcovacích žil.

Obr. 2: Sázecí rošt

Obr. 3: Pohled na výtlačku pece

Kontidrátová trať válcuje dráty ve dvou žilách. Každá žíla může mít až 24 redukčních duostolic pro postupné zmenšení průřezu provalku. Jednotlivé válcovací bloky jsou dvoustolicové a čtyřstolicové. Jednotlivé části tratě se dělí na předválecí (obr. 4), střední (obr. 5), a hotovní, dále na dvoustolicové a čtyřstolicové bloky.

Obr. 4: Pohled na vyústění z pece a předválecí část tratě

Obr. 5: Pohled na střední válcovací část

Válcování začíná na předválecích stolicích, kterých je celkem 8. Jsou označeny 0 – 7 a válcují obě žíly zároveň (obr. 4). Po předválení drát prochází šesti středními stolicemi značenými 8 – 13 (obr. 5). Zde již dochází k válcování každé žíly samostatně. Drát je plynule dopravován na 4 hotovní stolice označeny 14 – 17. Tyto stolice se liší konstrukcí uložených válců. Disponují excentrickým stavěním. Pro správné válcování se osy válcovacích válců hotovních stolic pravidelně střídají v pořadí. Poslední válcovací operace probíhají na dvoustolicových a čtyřstolicových blocích, které navazují na hotovní stolice. Zde dochází ke konečné kalibraci výsledného drátu. Díky rychlé kalibraci je možno dosahovat koncové výstupní rychlosti drátu až 65 $m \cdot s^{-1}$ při průměru 5,5 mm. Po dokončení válcování je nutné drát postupně chladit. Nejprve prochází vodní ochlazovací dráhou, kterou tvoří celkem šest sekcí (obr. 7).

Obr. 6: Rozdělení na jednotlivé žíly

Obr. 7: Chladící sekce

Poté je drát svinován ve svinovači a ukládán na řetězový dopravník (obr. 8). Zde drát v závitech chladne pomocí volně proudícího vzduchu. Na trn karuselu (obr. 9) se drát skládá do jednoho svitku. Po vytvoření svitku se karusel otočí o 180 ° a trn vysune svitek na dopravník k vazačkám. Následuje svázání do jednotlivých svitků a naložení na hákový dopravník (obr. 10).

Obr. 8: Vyústění svinovače a ohlazování drátu na řetězovém dopravníku

Obr. 9: Trn karuselu

Obr. 10: Pohled na vazačky, obraceč a hákový dopravník

2.1. Výrobní program kontidrátové tratě

Výroba drátů se zaměřuje na 3 druhy konečných výrobků. Jedná se o válcovaný drát, hladkou betonářskou ocel a žebříkovou betonářskou ocel. Jednotlivé druhy zpracovaných ocelí jsou detailně popsány v Detailních technologických předpisech. Pokud zákazník vyžaduje výrobu drátu z oceli běžně nepoužívané, je třeba tuto skutečnost nejprve konzultovat.

2.1.1. Válcovaný drát

Rozměry válcovaného drátu jsou 5,5 – 14 mm vždy po 0,5 mm. Jednotlivé průřezy a odchylky drátu jsou kontrolovány a řídí se normou. Výstupní kontrola probíhá v měření průměru v jednom místě a dvou na sebe kolmých směrech, dále v měření kvality, která spočívá v měření v témže průřezu a ve dvou místech. Výsledek je rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou. Samotné měření probíhá pomocí třmenového mikrometru a vždy nejméně 3 závity od konce svitku.

2.1.2. Hladká betonářská ocel

Výroba se řídí zejména normou ČSN 10 216. Průměry vyráběné hladké betonářské oceli jsou 5,5 – 14 mm vždy po 0,5 mm. Samotný drát je dodáván ve svitcích nebo tyčích.

Rozměrové tolerance jsou u všech rozměrů ±0,5 mm a kvalita max. 1 mm. Kontrola probíhá minimálně 3 závity od konce drátu. V případě tyčí se jedná o 500 mm od konce.

2.1.3. Žebírková betonářská ocel

Vyrábí se ve třech provedeních. Jedná se o žebříkovou betonářskou ocel řízeně chlazenou v průměru 8 mm, která je dodávána ve svitcích. Dále jako ocelový drát čtvercového jádra určený jako polotovar pro výrobu zatepla válcovaných betonářských tyčí. Jeho průměry jsou 6, 7, 8, 10 a 12 mm. Poslední provedení vychází z rumunské normy. Jedná se žebříkovou betonářskou ocel dodávanou ve svitcích. Dodávané průměry jsou 6 – 12 mm.

2.2. Vázací stroj KRNA-6/650-900

Vázací stroj KRNA-6/650-900 se nachází na obou koncích kontidrátové linky těsně před hákovým dopravníkem. Je navržen na vázání drátu, trubek, tyčí a profilů z oceli. Vázací stroj je ovládán automaticky. Pro případ poruchy nebo nenadálé situace jej lze ovládat také ručně.

2.2.1. Technická data

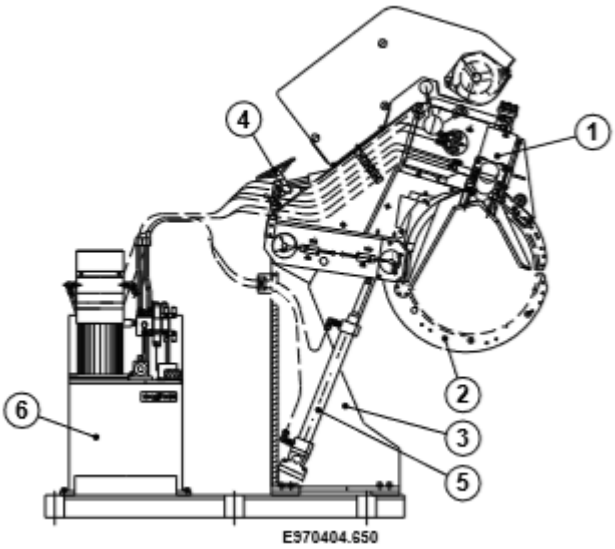
Tabulka č. 1: Technická data vazacího stroje KNRA-6/650-900

Typ stroje pro vázání drátu	**KNRA-6 / 650-900**
Vázací vodič v souladu s přiloženým doporučení drátu	ø 5,5 +/- 0,3 mm
Utahovací síla drátu, max. cca.	3,5 kN (350 kp)
Přítlačná síla cívky cca.	18,5 kN (1850 kp)
Elektrický motor	5,5 kW
Výška cívky drátu, max. stlačený	950 mm 800 mm
Hydraulická nádrž	125 l
Kapacita čerpadla	45 l · min^{-1}
Provozní tlak, cca.	90 bar
Doba vazby, v závislosti na výšce cívky, cca.	11 s
Čistá hmotnost, v závislosti na vybavení, cca.	1 750 kg

Drát používaný pro svazování svazků musí odpovídat specifikacím výrobce. Tolerance a kvalita drátu v tolerančních polích výrobce viz technické údaje. Materiál pro vázací drát je C cca 0,05-0,09% Mn 0,30-0,60% . Jedná se o běžnou nelegovanou ocel. Drát nesmí mít vady jako laminaci, a to po celé jeho délce. Minimální mez pevnost 370 MPa a maximální 420 MPa. Povrch musí být hladký, s tenkou a křehkou vrstvou oxidačního měřítka. Jako materiál vázacího drátu lze alternativně použít nerezavějící ocel, měď, pozinkovaný a poměděný drát. Rozměry cívek vázacího drátu o průměru 5,5 mm ± 0,3 mm jsou výška max. 1500 mm, vnější průměr max. 1400 mm a vnitřní průměr min. 800 mm. Drát musí být navinut takovým způsobem, aby bylo zajištěno odvíjení bez uzlování. [5]

2.2.2. Technický popis

Vázací stoj se skládá celkem ze tří částí. Vazací jednotka se stojanem, hydraulický agregát s ovládacím panelem a zásobník pro vázací drát. Samotná vázací jednotka se skládá z několika částí, z podavače vázacího drátu, snímače pro řízení posuvu drátu s bezpečnostním mechanismem, otočné jednotky s hydraulickým motorem, drátové vodící hlavy, otočné hlavy s oddělovačem a upínacího zařízení. Samotná hydraulická jednotka se skládá z několika komponentů. Ty hlavní jsou olejová nádrž s ukazatelem hladiny, elektromotor s olejovým čerpadlem, filtr na zpětném vedení, chladič oleje, manometr a ovládací konzola. Samotnou ovládací konzoli tvoří pojistky, přepínače, PLC automat s přepínačem pro ruční ovládání a připojení k elektrické síti. Popis jednotlivých prvků vazače je na obrázku číslo 11. [5]



Obr. 11: Popis částí vazače
Zdroj: SUND BIRSTA AB. *Wire Binding Machine Type: KNRA: Operation and Maintenance*. Sundsvall, 2001.

Legenda: 1 - vazací hlava, 2 - vazací kleště, 3 - stojan, 4 - hydraulické vedení, 5 - přímočarý hydraulický motor, 6 - hydraulický agregát s ovládacím panelem.

2.2.3. Pracovní postup vazače

Svazovaný předmět je zaveden pod vazač. V tu chvíli jsou vázací kleště v rozevřené poloze. Poté jsou kleště spuštěny pomocí hydraulického válce nad svazovaný předmět a následně stlačeny. Kleště se sevřou a utvoří kruh. [5]

Dolní poloha vázacích kleští může být regulována. Záleží na požadavku, jestli je nutné svazek stlačovat. Pro správnou funkci vazače je nutné, aby svazovaný předmět ležel v co nejtěsnější blízkosti vázací jednotky. [5]

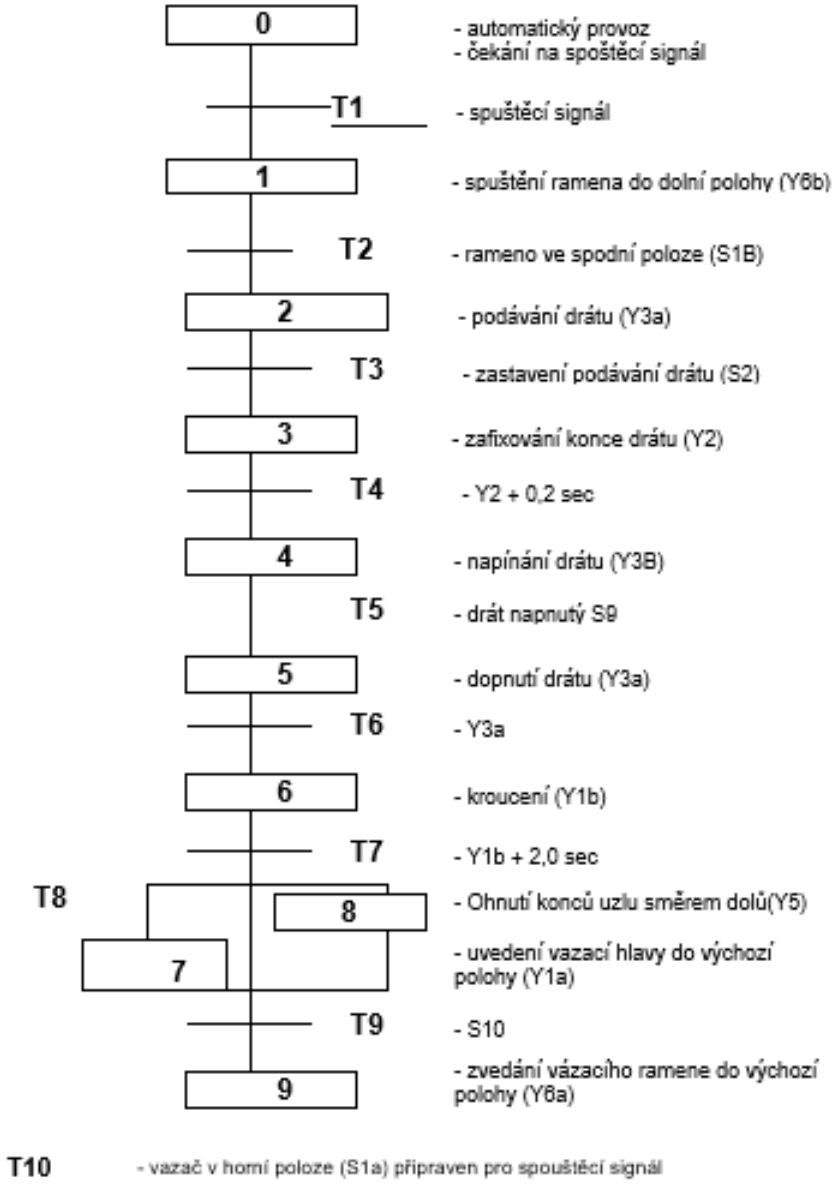
Vazací drát je odmotáván ze zásobníku pomocí podavače. Při tom prochází skrz vodící trubku. Drát pokračuje skrz zkrutnou hlavu a drátovou vodící drahou se vrací ke zkrutné hlavě. [5]

Konec drátu projde zkrutnou hlavou, pak drát narazí na snímač, ten dá signál k zafixování konce drátu. Zároveň dojde ke zpětnému chodu podavače a dochází k utažení svazovaného materiálu. Během dotahování je drát uvolněn z vodící dráhy. [5]

Vázací drát je přeseknut a vázací hlava začne vázat drát. Svazovaný materiál se začne ještě více stahovat a dochází k výsledné fixaci. [5]

Podavač drátu je vybaven bezpečnostní pojistkou, která hlídá, zda je drát při zpětném chodu pevně fixován. Pokud dojde k uvolnění drátu, stroj se zastaví. Vazač může pracovat buď ve zcela automatizovaném režimu nebo v manuálním. K přepínání pracovních režimů slouží přepínač na ovládacím panelu. Zde jsou také umístěna tlačítka pro ovládání jednotlivých pracovních kroků vazače. [5]

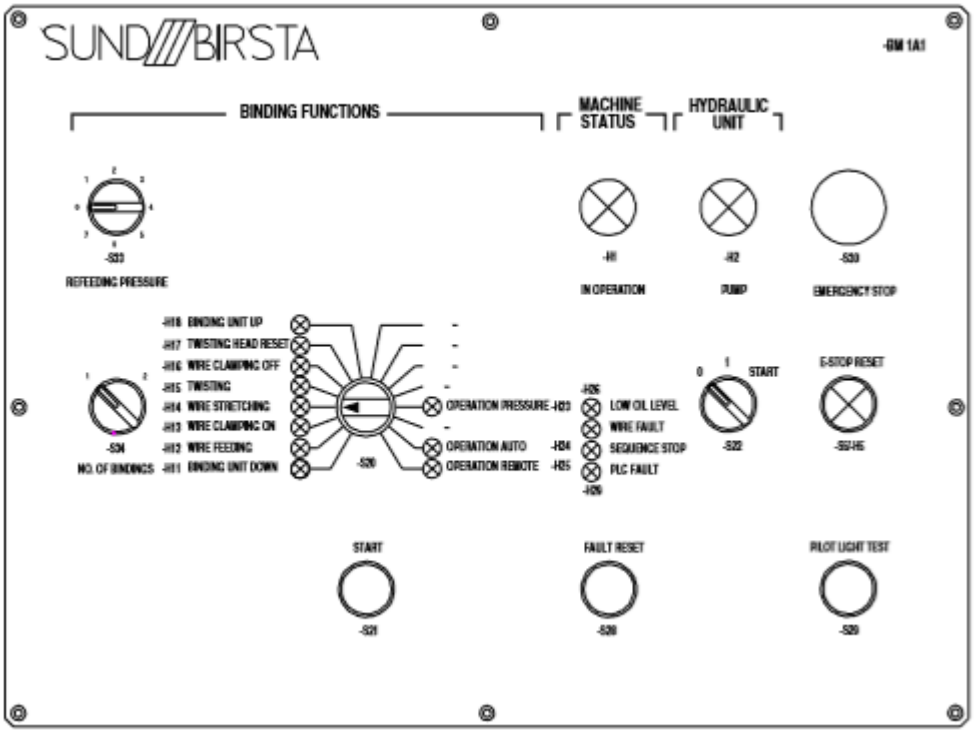
Na následujícím obrázku 12 je uveden schématická pracovní postup vazače.



Obr. 12: Schématický pracovní postup vazače

2.2.4. Provoz vazače

Na ovládacím panelu (obr. 13) nejprve zapneme hlavní jistič. Panel je v tu chvíli aktivní a je možno zapnout hydraulické čerpadlo. Nyní je možno přepínačem provozního cyklu zvolit požadovaný program. Při samotném spouštění stroje v automatickém nebo v režimu dálkového ovládání musí být vazač vždy v základní poloze. To znamená, že rameno je v horní poloze a vázací hlava ve vazací pozici. Přepínač provozních režimů má 16 poloh. Příslušný vybraný režim je indikovaný rozsvícením LED diody. Tlačítkem Start se spustí vybraný režim. V automatickém režimu se veškeré kroky dějí automaticky po stisknutí tlačítka Start na začátku každého pracovního cyklu. V režimu dálkového ovládání se spouští jednotlivé režimy z ovládacího pultu. Přepínač režimů se pak otáčí v tomto pořadí: [5]



Obr. 13: Ovládací panel
Zdroj: SUND BIRSTA AB. *Wire Binding Machine Type: KNRA: Operation and Maintenance*. Sundsvall, 2001.

- BINDING UNIT DOWN + START – vazací rameno se spustí do spodní polohy
- WIRE FEEDING + START – spuštění podavače drátu
- WIRE CLAMPING ON + START- upnutí konce drátu
- WIRE STRETCHING + START – dotahování drátu

- TWISTING + START - kroucení
- TWISTING HEAD RESET + START – uvedení kroutící hlavy do původní polohy
- BINDING UNIT UP + START - zvednutí vázacího ramene

Počet vázacích cyklů v jednom kroku je možné volit ve dvou režimech. Poloha 1 - po startovacím impulsu je vykonán jeden pracovní vázací cyklus. Jakmile je vázání ukončeno stroj se vrátí do výchozí polohy. Poloha 2 - po startovacím impulsu jsou vykonány dva vázací cykly za sebou. Režim je využíván pro svazování těžších výrobků. Po vykonání dvou vázacích cyklů se stroj vrátí do výchozí polohy. Tlačítko doplňování má dvě funkce. První slouží ke kontrole nastaveného tlaku a druhá pro opětovné zavedení vázacího drátu. [5]

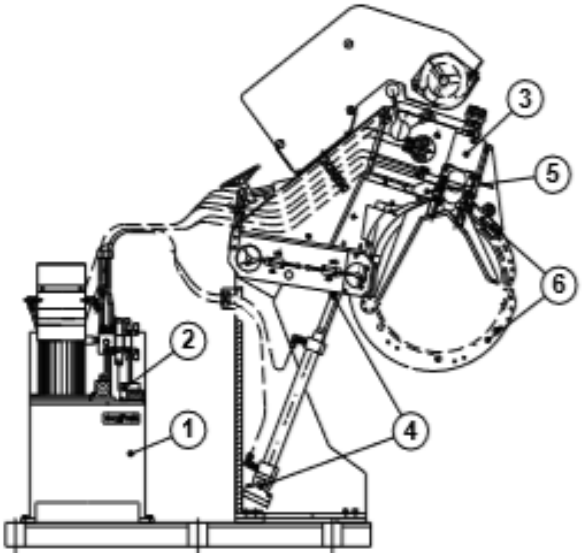
Na ovládacím panelu jsou umístěny hlavní signalizační světelné kontrolky, čtyři chybové a dvě kontrolní. Pokud dojde k poruše, rozsvítí se příslušná kontrolka. Po odstranění závady je nutno stlačit tlačítko Reset. Poté je možno pokračovat.

- „WIRE FAULT“ hlásí poruchu fixace drátu při dotahování nebo absenci vázacího drátu. Při podávání drátu kontrolka nesvítí.
- „LOW OIL LEVEL“ může hlásit dva možné stavy. V první případě kontrolka značí minimální hladinu oleje. V tu chvíli začne kontrolka blikat. Provoz čerpadla je zachován. Druhý stav je při překročení minimální konstrukční hladiny oleje. Čerpadlo již nasává vzduch. Kontrolka bliká a čerpadlo je automaticky zastaveno.
- „SEQUENCE STOP“ hlásí, že některý z procesu se nezastavil ve správný čas.
- „PLC FAULT“ znamená nízký stav napětí na záložních bateriích.
- „IN OPERATION“ signalizuje zapnutí hlavního jističe za předpokladu, že tlačítko nouzového vypnutí je v poloze zapnuto.
- „PUMP“ kontrolka svítí, pokud je hydraulické čerpadlo v provozu.
- „PILOT LIGHT TEST“ tlačítko pro kontrolu žárovek řídícího panelu. Po stisknutí se rozsvítí veškeré kontrolky na řídícím panelu.

2.2.5. Údržba vazače

Pro správnou funkci stroje je údržba nedílnou součásti, která zabezpečuje provoz s vysokou spolehlivostí. Tím minimalizujeme ztráty vzniklé v důsledku nečekané poruchy.

Mazání stroje musí být prováděno pravidelně, přesně podle instrukcí výrobce. Olejový filtr, který se nachází na olejové nádrži, musí být pravidelně kontrolován. Pokud je filtr zanesený, což lze zjistit z indikátoru, je nutné jej vyměnit. Při práci s hydraulickým zařízením je nutné udržovat ventily, plnící otvory a potrubí v čistotě. V případě nedodržení může docházet ke kontaminaci oleje nečistotami. Mazací místa jsou zobrazená na obrázku číslo 14 a popisuje je tabulka číslo 2.



Obr. 14: Mazací místa
Zdroj: SUND BIRSTA AB. *Wire Binding Machine Type: KNRA: Operation and Maintenance*. Sundsvall, 2001.

Tabulka č. 2: Soupis mazacích míst

Pozice	Název	Množství	Interval	Způsob mazání	Mazivo	Množství
1	hydraulický agregát	1	kontrola 1x týdně výměna oleje každých 6 měsíců	olejová lázeň	E	125 l
2	vložka filtru	1	kontrola indikátoru 1x týdně			
3	vázací hlava	1	kontrola 1x týdně	olejová lázeň	E	1 l
4	oko hydraulického válce	2	1x týdně	mazací lis	A	10 g
5	drátová svorka, páka	1	1x týdně	mazací lis	A	10 g
6	klapka	4	1x týdně	mazací lis	A	10 g

Tabulka č. 3: Možná použitelná maziva

Označení	Typ	Produkt
A	plastické mazivo*	BP Energrease LS EP2
A	plastické mazivo *	SHELL Alvania EP2
A	plastické mazivo *	ESSO Beacon 2
A	plastické mazivo *	Mobil Mobilux LC2
B	plastické mazivo **	BP Energrease LC2
B	plastické mazivo **	SHELL Stamina LR2
B	plastické mazivo **	ESSO Surett Fluid 4K
B	plastické mazivo **	Mobil Mobilith SHC 460
C	plastické mazivo ***	BP Energrease LC 2
C	plastické mazivo ***	SHELL Mallews GL95
C	plastické mazivo ***	ESSO Multi-Purpase Grease
C	plastické mazivo ***	Mobil Mobiltac 81
D	mazací olej	BP Energol GR-XP 680
D	mazací olej	SHELL Omala 680
D	mazací olej	ESSO Spartan EP 680
D	mazací olej	Mobil Mobilgear 636
E	hydraulický olej	BP Energol HLP 46
E	hydraulický olej	SHELL Tellus 46
E	hydraulický olej	ESSO Nuto H46
E	hydraulický olej	Mobil DTE 25
F	převodový olej	BP Energol GP-XP 220
F	převodový olej	SHELL Omala 220
F	převodový olej	ESSO Spartan EP 220
F	převodový olej	Mobil Mobilgear 630
G	ložiskový tuk	Molycote Long Term 2 plus
H	řetězový olej	Olej na řetězové převody

Hydraulický okruh byl testován s hydraulickým olejem Statoil Hydra-way HM46. Pro dosažení optimální účinnosti a životnosti je doporučeno použití hydraulického oleje s viskozitou v rozsahu 16-36 $mm^2 \cdot s^{-1}$. Dle potřeby je možné použít hydraulický olej s viskozitou vyšší než 36 $mm^2 \cdot s^{-1}$, záleží na provozních podmínkách, zejména na teplotě oleje vracejícího se z okruhu zpět do nádrže. Teplota oleje je nejvíce ovlivněna tlakem a rychlostí proudění. Teplota v žádném místě hydraulického okruhu nesmí přesáhnout 90 °C. Pokud není možné za provozu dodržet tyto podmínky, je nutná konzultace s technickým oddělení výrobce. [5]

Vazací drát je nutné mazat, aby nedocházelo k přílišnému opotřebování vnitřních součástí zajišťující svazování drátu. Drát lze mazat před vstupem do vazače například olejem BP Energol 32. Množství oleje musí být takové, aby nedocházeno k prokluzu podavače, selhání fixace při dotahování a špatnému vázání drátu. [5]

Hydraulické motory, ventily a čerpadla v zásadě nevyžadují servisní zásahy. Hydraulický obvod je sestaven ze vzájemně sladěných dílů. Tím se eliminují možné

problémy za provozu. Není proto vhodné nahrazovat jednotlivé součásti okruhu jinými než totožnými díly. V případě záměny je vhodné konzultovat změny s technickým oddělením výrobce. [5]

Veškeré tlakové spínače jsou nastaveny při dodání. Pokud je nutné nové seřízení, musí se dodržet následující postup: nejprve povolit kontra matici, poté otáčením stavěcího šroubu nastavit požadovanou polohu. Otáčením ve směru hodinových ručiček se tlak zvyšuje. Po seřízení je potřeba dotáhnout kontra matici. Bezdotykové snímače je nutno udržovat v čistotě a pravidelně je kontrovat. [5]

Jednotlivé díly stroje, které spadají do kategorie spotřebních, jsou běžně dostupné po objednání. Některé díly lze obnovit i operativně. Kotouče podavače drátu jsou symetrické. Po opotřebení hrany lze mezi sebou kotouče zaměnit a použít druhou stranu. Tím dojde k použití protější hrany. Dalším takovým dílem jsou dělící nože vazacího drátu. Ty mohou být při otupení znovu naostřeny v předepsaném úhlu. I přes možnosti těchto dílů je doporučeno je držet ve skladových zásobách z důvodu možnosti nenadálé nutné výměny. [5]

2.2.6. Bezpečnostní předpisy

Při provozu zařízení může dojít k nebezpečným situacím různého charakteru. Proto výrobce opatřil stroj indikátory upozorňujících na nebezpečí, varování, pozor a poznámka v podobě samolepek.

Pohyb pracovníků v okolí stroje je možný pouze s ochrannými pomůcky. Mezi ně patří ochranné brýle, pracovní obuv, rukavice, pracovní helma a chrániče sluchu. Vazač je složité zařízení a je nutné se v jeho blízkosti pohybovat podle určitých bezpečnostních předpisů, hlavně při provozu nebo případných servisních zásazích. Stroj se skládá z mnoha pohyblivých částí, které mohou svým pohybem způsobit úraz. Pokud je vazací stroj ovládán ručně, stále hrozí riziko úrazu vzhledem k malé vzdálenosti ovládacího pultu a pohyblivých částí stroje. [5]

Veškeré servisní zásahy a samotný provoz mohou provádět jen proškolení pracovníci. Taktéž opravy elektroinstalace musí být prováděny pouze elektrikářem s dostatečnou kvalifikací. [5]

3. Současné podmínky provozu zařízení

Vzhledem k povaze stroje a možnosti rychlého vyhodnocení příčin možných poruch byly vytipovány nejdůležitější parametry, které budou sledovány. Jedná se o tribologické rozbory hydraulického oleje, které mohou zjistit možnou oxidaci nebo kontaminaci oleje, dále se využívá termovizní měření, které zjistí teploty v různých částí hydraulického okruhu.

3.1. Stav před optimalizací

Provoz vazače v podmínkách panujících u kontidrátové linky je technologický náročný proces. Extrémní podmínky hutního provozu kladou vysoké nároky na stroje. Samotné vazací hlavy se nacházejí takřka na konci procesu výroby, i přesto pracují s relativně horkým materiálem. Materiál nahřívá samotné vazací hlavy nad sebou a vyzařované teplo nahřívá hydraulické vedení v okolí.

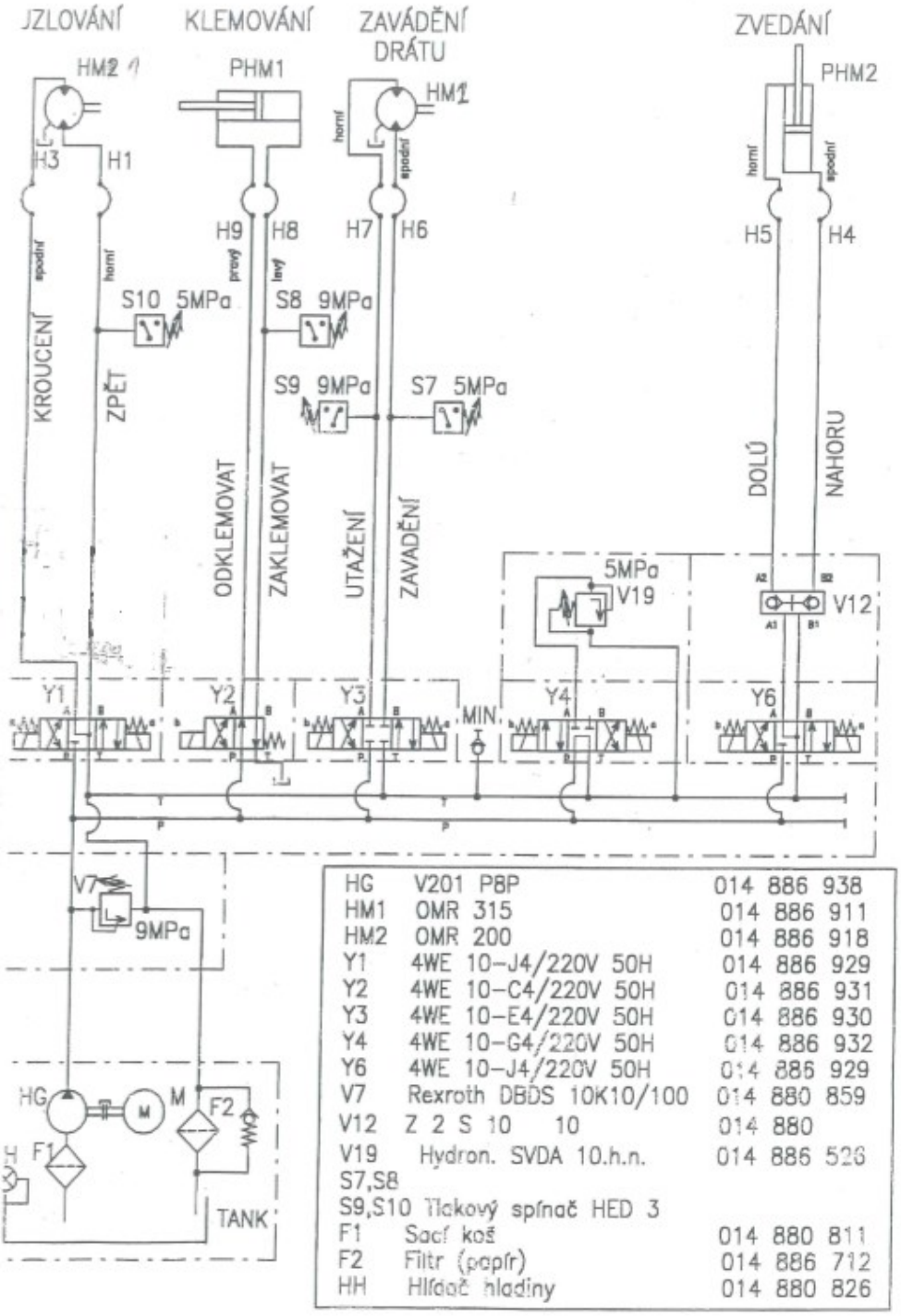
Kontidrátová trať disponuje dvěma nezávislými žilami. Na každém konci jsou umístěna dvě vazací ramena. Každé rameno disponuje vlastní hydraulickou stanicí umístěnou za vazacím ramenem. Hydraulická nádrž má kapacitu 125 l hydraulického oleje o kinematické viskozitě 46 $mm^2 \cdot s^{-1}$. Elektromotor hydraulického čerpadla s výkonem 5,5 kW zásobuje vazačku tlakovým olejem. Je nutné obsluhovat celkem čtyři samostatná hydraulická zařízení. Hydraulický olej není z důvodu absence chladiče dostatečně ochlazován a jeho teplota se při provozu pohubuje až ke hranici 53°C, což je patrné na termosnímcích. Samotné vazací hlavy jsou nahřívány sálajícím teplem a ohřátým teplým vzduchem, a to na teplotu až 180°C. Teplo z vazací hlavy se šíří také k hydraulickému motoru na kroucení drátu, kde je ohřívána jeho olejová náplň. Hydraulický olej v nádrži nemá požadovanou životnost. Rozbory použitého oleje nebyly testovány na měkké kaly, ale jen na mechanické nečistoty a standartní parametry.

3.2. Použitý olej před optimalizací

Před optimalizací byl používán ropný hydraulický olej Tigrol HYD HLP 46. Jedná se o kvalitní hydraulický olej. Jeho základ tvoří základový olej a aditiva proti oxidaci, pěnění, korozi. Olej je netečný vůči těsněním. Je schopen odlučovat vodu a odolává tvorbě emulze. Olej lze použít hlavně pro hydrostatické hydraulické mechanismy. Klade vysoký důraz na použití pro vysokotlaké systémy a protiotěrové vlastnosti. Vhodný pro lamelové, axiální nebo radiální hydrogenerátory. Vlastnosti dovolují použití i v jiných aplikacích, jako je například mazání převodů, oběhových soustav, hydrodynamických systému apod. Detailní popis použitého oleje se nachází v technickém listu, jako příloha. [6]

Používaný olej pracuje výborně za normálních podmínek. Avšak při vystavení vyšším teplotám začíná velice rychle degradovat. Nehodí se proto pro použití v hydraulických okruzích přicházejících do těsného kontaktu s vysoce zahřátými předměty.

3.3. Původní hydraulické schéma



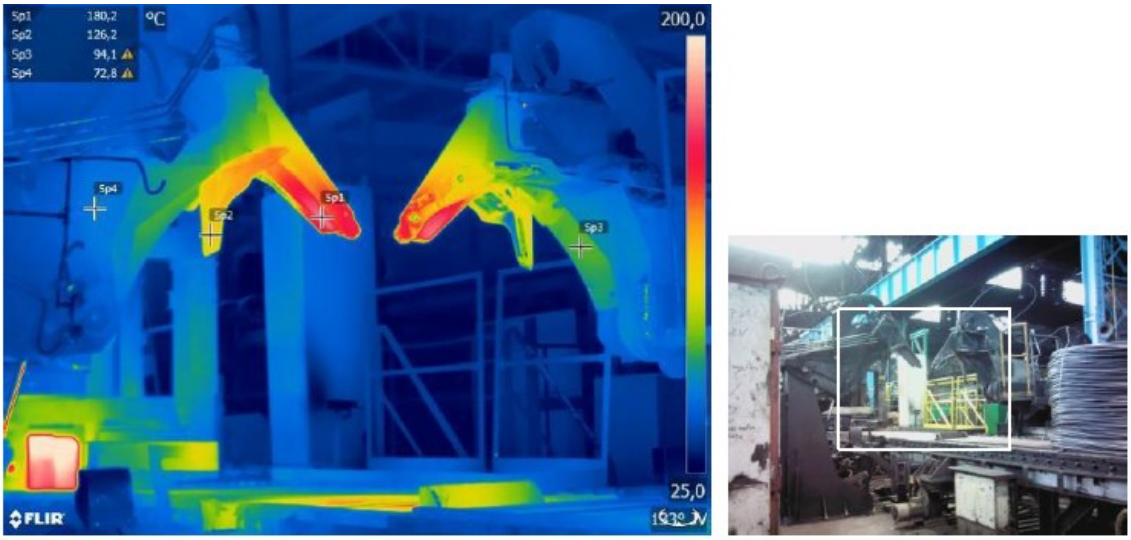
Obr. 15: Původní hydraulické schéma vazačů

Hydraulický agregát byl součástí každého vázacího ramene. Olejová nadrž byla o objemu 125 l. Jelikož se agregát nachází v těsné blízkosti výrobní linky, dochází k znečištění povrchu nádrže, což může způsobit vnikání nečistot do systému. Kompletní schéma hydraulického systému vazačů je na obrázku číslo 15.

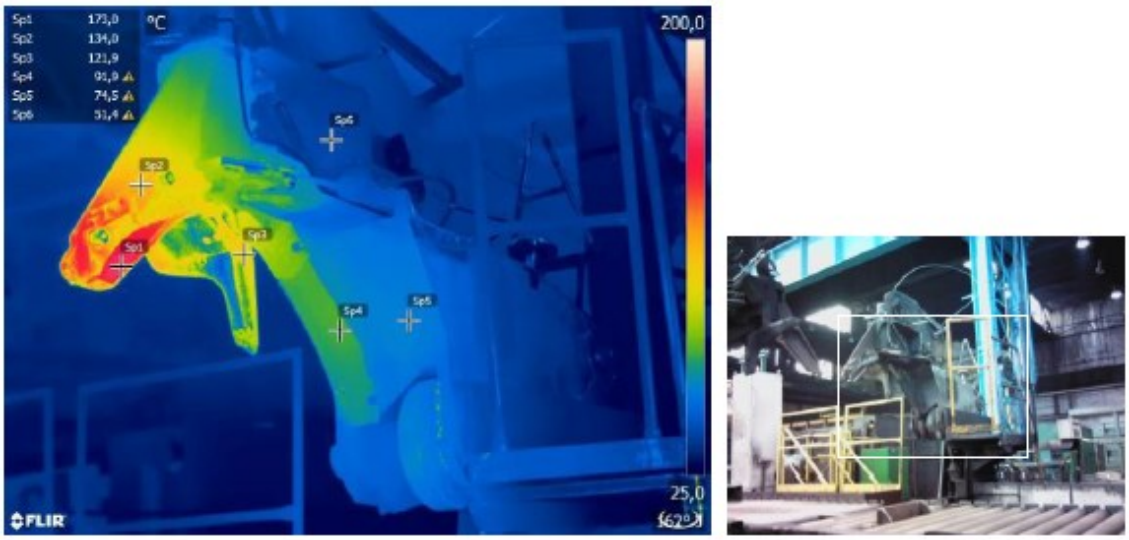
3.4. Termovizní měření původního stavu

Poruchy na hydraulickém vedení vazaček vedly ke kontrolnímu měření termovizí. Měření dokáže odhalit tepelně nadměrně namáhaná místa, ve kterých dochází k ohřevu hydraulické kapaliny. Během samotného měření je potřeba dodržet předepsaný postup měření. Jedná se zejména o stanovení veličin nutných pro správné výsledky měření, jako jsou zdánlivá odražená teplota a emisivita povrchu. V našem případě se jednalo o nastavení emisivity na hodnotu 0,9, pro měření teploty vazače. Pro měření hydraulické nádrže byla hodnota emisivity 0,95. Měření probíhalo při okolní teplotě 25°C. Měření bylo provedeno při válcování drátu o průměru 8,5 mm. Drát o větším průměru více akumuluje teplo. Při čekání pod vazačem má i vyšší teplotu a vazač je o to více zahříván. Z přiložených snímků lze určit teplotu jednotlivých prvků vazače a tím určit kritická místa.

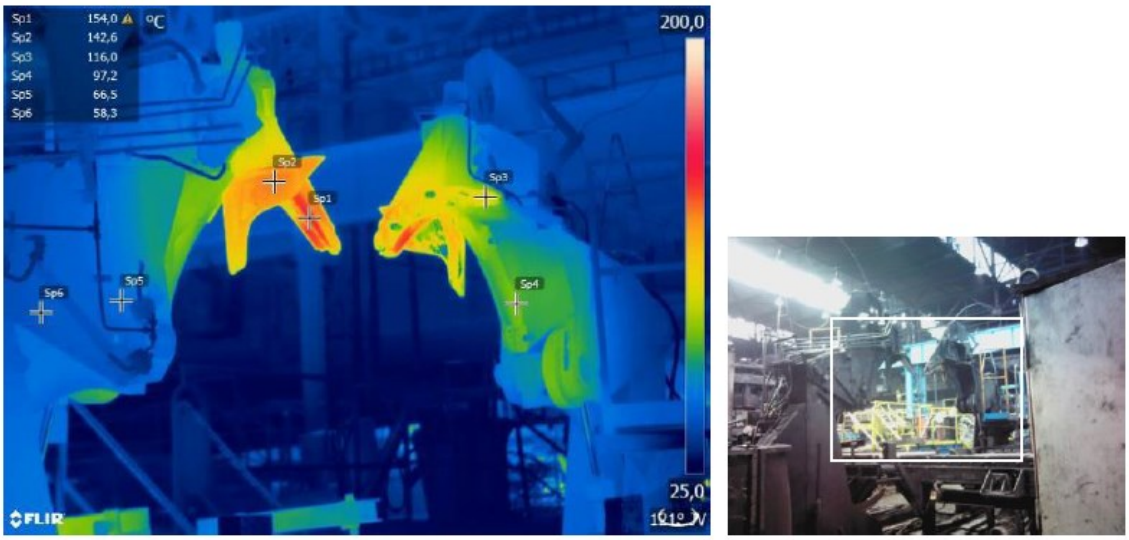
Na termosnímcích vazačů je zřetelná vysoká teplota vazacích kleští (obr. 16 až18). Teplota se pohybuje v případě vazače číslo jedna až ke hranici 180°C. Teplo se šíří konstrukcí a zahřívá hydromotor na uzlování drátu. Zde dochází k ohřevu oleje, který se vrací zpět do nádrže.



Obr. 16: Pohled na vazače č. 1 a 2
Zdroj: Záznam o termovizním měření č. 15/19

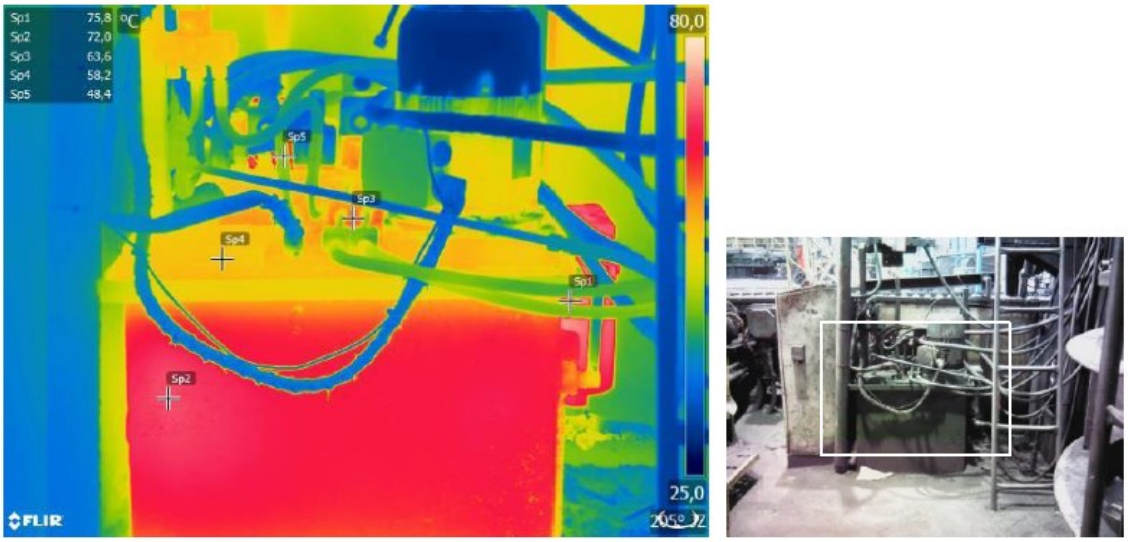


Obr. 17: Detailní pohled na vazač č. 1
Zdroj: Záznam o termovizním měření č. 15/19

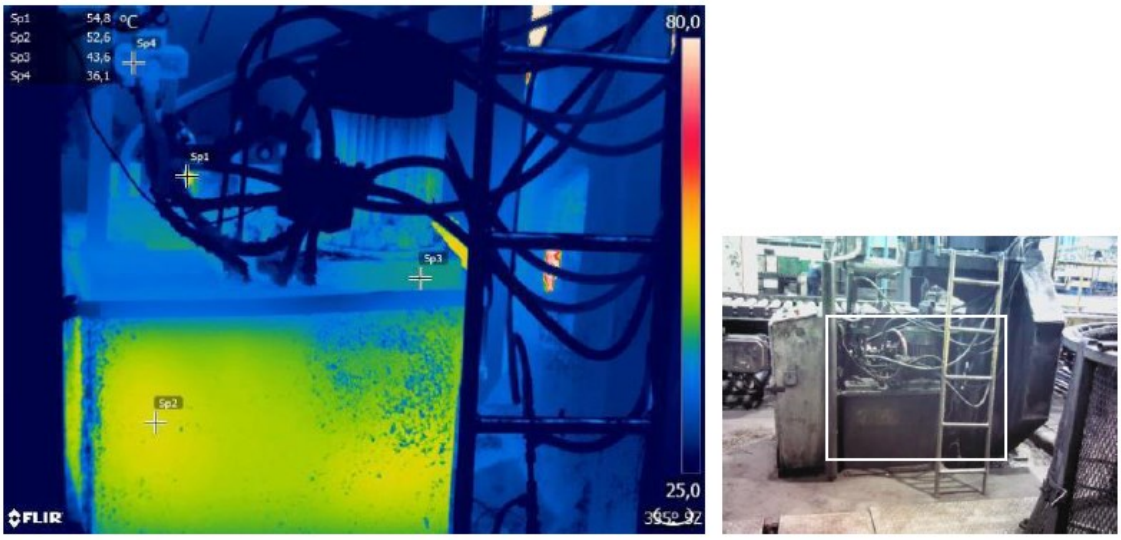


Obr. 18: Pohled na vazače č. 7 a 8
Zdroj: Záznam o termovizním měření č. 15/19

Měření teploty samotné nádrže na hydraulický olej jednotlivých hydraulických agregátů prokázalo zvýšenou teplotu oleje. Podle snímků (obr. 19 a 20) se teplota v nádržích pohybovala od 52°C až do 72°C. Tato teplota je alarmující. Může docházet nejen k oxidaci oleje, ale také k opotřebení součástí samotného hydraulického systému vinou snížení viskozity oleje. Na obrázcích níže je viditelná teplota samotné nádrže, která v podstatě odpovídá teplotě oleje uvnitř.



Obr. 19: Hydraulická nádrž vazače č. 8
Zdroj: Záznam o termovizním měření č. 15/19



Obr. 20: Hydraulická nádrž vazače č. 1
Zdroj: Záznam o termovizním měření č. 15/19

4. Návrhy k optimalizaci provozu vázacího stroje

Prostředí provozu vazačů je velice specifické. Přítomnost prachu, tepla a dalších aspektů negativně ovlivňuje jejich provoz. V případě řešení stávajícího stavu, což je především vysoká teplota hydraulického oleje a jeho nízká životnost, připadá v úvahu několik možností. Většina počítá s úpravou hydraulického systému, popřípadě využití odstiňovacích prostředků.

4.1. Použití chladičů oleje

Chladiče olejů se mohou uplatnit všude tam, kde je nutno olej v pracovním okruhu před dalším cyklem ochladit. Snižuje se množství oxidace oleje a jeho celková degradace. Optimální pracovní teplota hydraulického oleje je kolem 40 °C. Při této teplotě je vyvážený poměr životnosti a výkonu. Zvýšení pracovní teploty oleje o 10 °C většinou znamená zdvojnásobení rychlosti oxidace. Proto je v zájmu provozovatele nutné teplotu držet v blízkosti doporučené hranice.

Pro chlazení hydraulického oleje se dnes používají v zásadě dva typy chladičů, olej/voda a olej /vzduch. Oba typy se dodávají jako jednotlivé díly, popřípadě jako chladící stanice. V případě samotných dílů se chladiče zabudují do stávajícího systému. V případě použití chladící stanice je zapotřebí zajistit dostatečně velký prostor v okolí stroje.

4.1.1. Použití chladiče olej/vzduch

Pro potřebu chlazení oleje v těsné blízkosti kontidrátové tratě použití chladičů olej/vzduch, popřípadě olej/voda není příliš šťastné řešení. Nastává zde několik ovlivňujících faktorů, které značně ztíží údržbu a montáž chladiče.

V případě použití chladiče olej/vzduch je nutné vyhledat správné místo na umístění. Dále je nutné k chladiči zajistit dodávku elektrické energie pro pohon ventilátoru. Jemné žebrování v prašném prostředí vyžaduje časté čištění. Postupné usazování prachu snižuje účinnost chlazení. Z dlouhodobého hlediska může dojít až k zanesení chladiče. Každá vazací stanice bude muset mít vlastní chladič. Jedná se o dodání a údržbu celkem osmi chladičů.

4.1.2. Použití chladiče olej/voda

Použití chladiče olej/voda je pro těžký provoz ideálním řešením. Uzavřený okruh nevyžaduje žádnou další speciální údržbu. Odpadá zde čištění a není nutnost přivedení

elektrické energie. Nároky na údržbu jsou minimální. Samotná životnost je vysoká. Nevýhoda spočívá v dodání chladící vody ke každé stanici zvlášť.

4.2. Použití tepelných štítů

Tepelné záření lze, jako každé jiné záření, relativně dobře odrážet. Tím chráníme předměty před ozářením. U materiálu je podstatná veličina zvaná emisivita materiálu. Každý materiál má odlišnou hodnotu emisivity, která se pohybuje v intervalu od 0 do 1. Čím nižší číslo emisivity, tím větší množství tepla je materiál schopný odrazit do okolí.

V praxi se hojně využívá stínění pomocí různě leštěných plechů, nízkoemisních fólií a nízkoemisní nátěry. V našem případě je použití takového druhu stínění nemožné. Ochranné štíty nelze efektivně umístit na konstrukci, aby nedošlo k možnému zachycení drátu o tepelný štít. Teplo ze svitku stoupá vzhůru a nahřívá konstrukci i za tepelným štítem.

Nízkoemisní fólie není konstruována pro vysoké teploty panující v blízkosti žhavého svitku. Docházelo by k deformaci fólie. V krajním případě i k možnému vznícení. Samotná fólie je vyrobená z plastické hmoty s příměsí kovového materiálu. Proto není vhodná do prostředí s vyšším tepelnou zátěží.

Tepelná izolace pomocí nízkoemisního nátěru je jediné možné řešení typu tepelné izolace. Spočívá v natření konstrukce nízkoemisní stříbrnou barvou. Její emisivita může dosahovat hodnoty až 0,35. Nevýhoda je ovšem v použití v prašném prostředí výroby. Barva bude postupně zanášena nečistotami a bude nutné její čištění, popřípadě obnova nátěru. Nátěr řeší pouze radiaci a ne teplo kumulující se v hydraulickém systému v důsledku jeho provozu v prostředí o vyšší teplotě. Řešení pomocí nátěru klade další nároky na pozdější údržbu a nezaručuje zvýšení životnosti samotného hydraulického oleje.

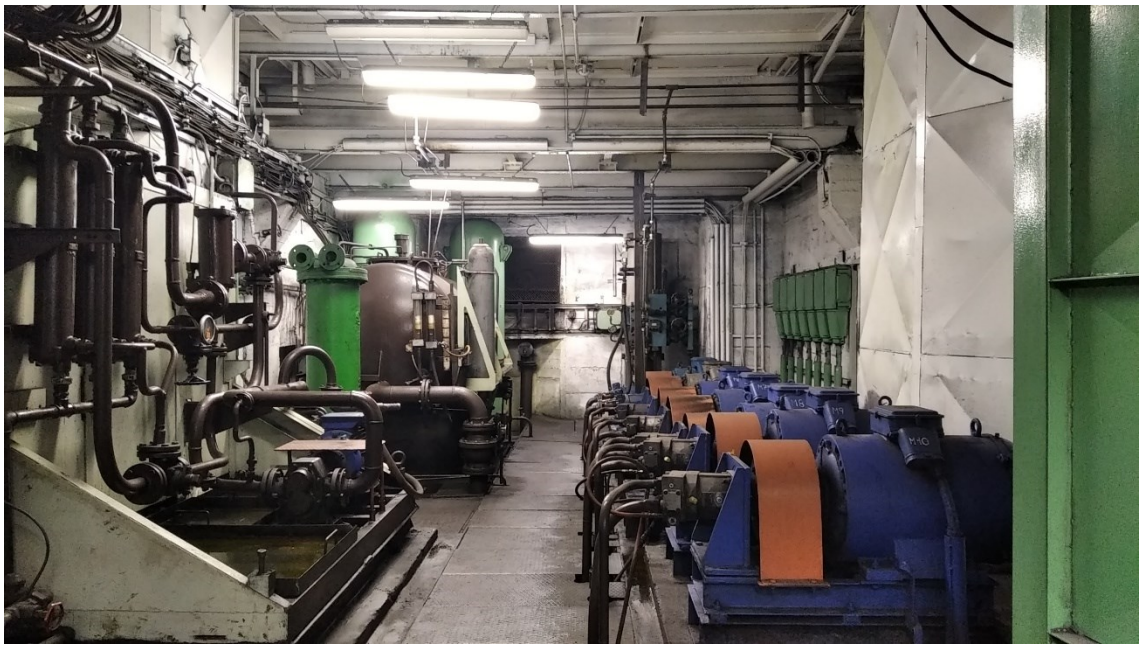
4.3. Změna hydraulického okruhu

Další řešení je možné pomocí celkové změny hydraulické jednotky. Vhodnou úpravou docílit ochlazení oleje za co nejmenší investice a minimálními nároky na další údržbu.

Jako možné řešení připadá v úvahu změna objemu hydraulické nádrže vazačů a s tím spojené chlazení hydraulického oleje. Větší objem oleje znamená delší dobu ustálení v nádrži. Je také nutno vyčlenit místo pro objemnější nádrž. Pro zjednodušení údržby je vhodné kontrolovat pouze jednu nádrž. Proto vyhrazení jedné nádrže

pro všechny vazací stanice způsobí nutnost sledovat pouze jednu nádrž a tím ušetřit náklady na výměnu olejové náplně, filtrů, atd.

Pod úrovní podlahy se v těsné blízkosti nachází hydraulická stanice (obr. 21) zásobující tlakovým olejem karuselové obraceče a další manipulační pohyby před vazačemi. Stanice disponuje sedmi hydraulickými čerpadly, nádrží na hydraulický olej o objemu 3 000 litrů, chladícím a filtračním okruhem. V provozu jsou 3 čerpadla a zbytek je záložní. Je tedy možno využít dvě čerpadla pro provoz vazačů a další dvě ponechat jako záložní pro stávající provoz.



Obr. 21: Hydraulická stanice zásobující karuselové hroty a přidružené manipulační pohyby

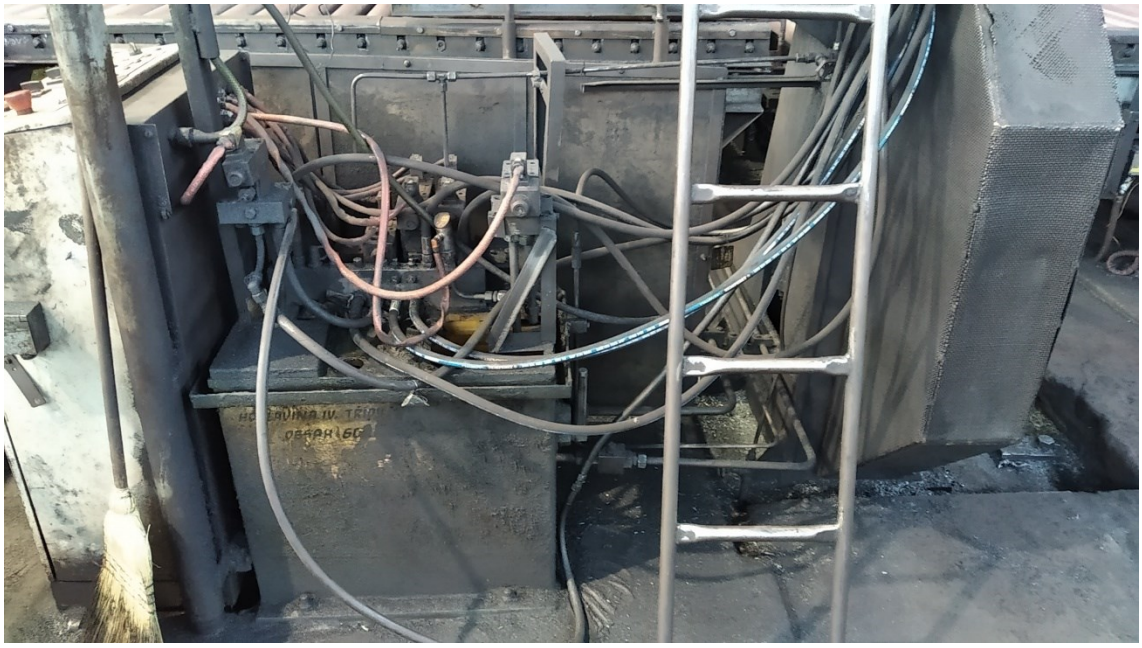
5. Optimalizace

Vyhodnocení dostupných návrhů vycházelo především z hlediska časové náročnosti optimalizace, použitého materiálu, životnosti, využití současných zařízení, náročnosti na údržbu a cenovou náročnost.

Posouzením těchto kritérii bylo vybráno řešení, které nejlépe vyřeší stávající stav a zlepší provozuschopnost zařízení. Z těchto hledisek vyšla nejlépe optimalizace, která počítá se změnou hydraulického systému vazačů a využití stávající hydraulické stanice.

5.1. Změna hydraulického systému vazačů

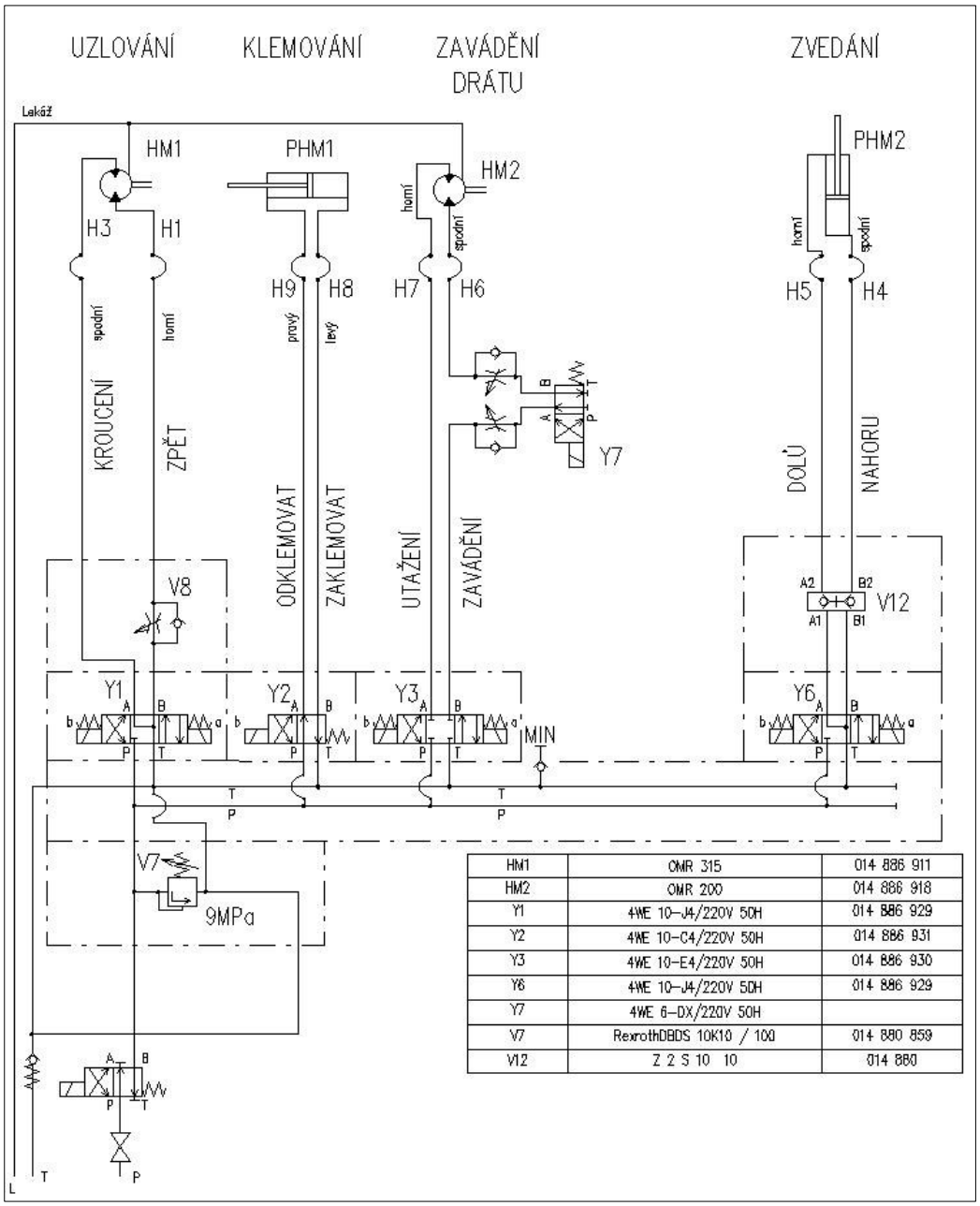
Změna spočívá ve zrušení olejové náplně jednotlivých hydraulických stanicí každého vazače a připojení tlakové a odpadní části od centrální hydraulické stanice (obr. 22). Jednotlivé hydraulické stanice budou nahrazeny centrální nádrží a společným regulačním hydraulickým čerpadlem. Regulační čerpadlo bude regulovat množství dodávaného oleje dle aktuální potřeby a při tom udržovat nastavený tlak. Každé čerpadlo bude opatřeno pojistným ventilem, zpětným ventilem a uzavírací armaturou.



Obr. 22: Úprava původní hydraulické nádrže

Na tlakovém vstupu k hydraulickému panelu bude umístěn kulový ventil pro možnost odstavení vazače, na zpáteční větvi pak zpětný ventil. Před hydraulický panel vazače bude umístěn elektromagnetický ventil, který bude zapojen místo tlačítka vypnutí a zapnutí čerpadla. Při otevření ventil pustí do hydraulického panelu vazače

natlakovanou hydraulickou kapalinu. Na elektromagnetický ventil bude napojeno tlačítko STOP. Při jeho zmáčknutí dojde k uzavření ventilu, ale nedojde k odpojení čerpadla. Za elektromagnetickým ventilem bude umístěn tlakový spínač. Pokud za ventilem nebude vytvořený dostatečný tlak, ostatní elektromagnetické ventily se nespustí. Na hydraulickém panelu bude zrušen elektromagnetický ventil sloužící ke snížení tlaku především pro ovládací prvky. Pro snížení tlaku bude umístěn redukční ventil před každý ovládací prvek. Ostatní funkce vazače zůstanou nezměněné, jsou řízené činností koncových spínačů a časovými intervaly. Nové hydraulické schéma vazačů popisuje obrázek číslo 23.



Obr. 23: Optimalizované hydraulické schéma vazačů

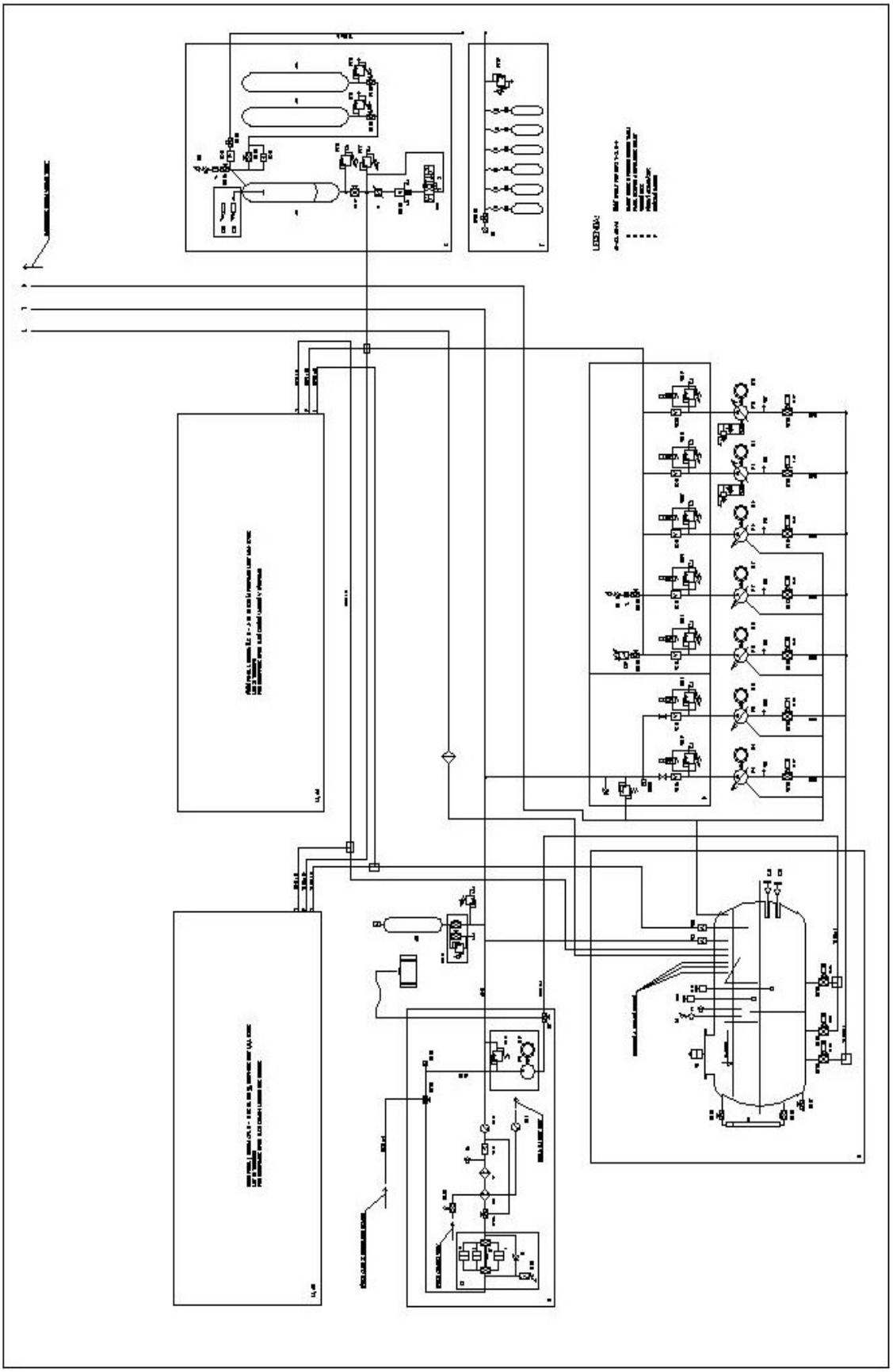
5.2. Změna schématu centrální hydraulické stanice

Pro připojení vazačů k centrální hydraulické stanici je potřeba změnit zapojení některých prvků. Jedná se hlavně o zapojení regulačních hydraulických čerpadel. Původní hydraulické schéma stanice je přiloženo v přílohách.

Čerpadlový blok bude rozdělen na dvě části. První část bude tvořena dvěma čerpadly pro provoz vazačů, druhá část pak zbylými pěti čerpadly pro provoz stávajících zařízení.

Pro pohon vazačů bude dostačovat jedno čerpadlo. Druhé poslouží jako záloha. Za každým čerpadlem určených pro vazače bude umístěn ventil pro případ odstavení. Na tlakovém výstupu bude umístěn manometr a pojistný ventil, nastavený na maximální povolený tlak. Na vratné větvi vazačů bude umístěn filtr 20 μm. Vratná větev spolu s lekáží se napojí do olejové nádrže o objemu 3 000 l. Sdružený filtrační a chladící okruh byl doplněn o jednu filtrační vložku.

Od uvedení centrální hydraulické stanice do provozu bylo provedeno mnoho změn. Zrušení některých prvků stanice způsobovala změna poháněných strojů, nahrazení samotného prvku jiným nebo jeho přesunutím. Na novém hydraulickém schématu centrální hydraulické stanice (obr. 24) bude uveden stav po optimalizaci a zároveň v minulosti provedené změny.



Obr. 24: Optimalizované hydraulické schéma centrální hydraulické stanice

5.3. Změna hydraulické kapaliny

Současná náplň centrální hydraulické stanice pracuje s těžko zápalným olejem Quintolubric 888-46. Jedná se o ohnivzdornou hydraulickou kapalinu. Současný provoz vazačů pracuje s běžnou hydraulickou kapalinou HLP 46. Náhrada bude spočívat pouze ve využití ohnivzdorné vlastnosti oleje Quintolubric 888-46. Viskózní třída bude zachována.

Quintolubric 888-46 se používá v prostředích, kde hydraulický systém pracuje v těsné blízkosti tepelného zdroje a kde hrozí riziko zapálení oleje. Samotný olej se skládá ze syntetických a organických esterů. Je doplněn o soubor aditiv pro zlepšení vlastností. Neobsahuje vodu, fosfátované estery ani ropný olej. Quintolubric 888-46 lze použít s hydraulickými prvky všech předních výrobců hydraulické techniky. Jeho protioděrové vlastnosti jsou na úrovni nejkvalitnějších hydraulických kapalin. [8]

Olej je intaktní k většině používaných neželezných slitin, slitin železa a oceli. Je nesnášenlivý se slitinami obsahující kadmium a olovo. Pracuje jen s omezeným výběrem galvanicky pokovených povrchů. Lze použít se slitinami zinku. [8]

Olej lze smísit s většinou minerálních olejů, olejů na polyolesterovém základu a s některými fosfátovými estery. Nelze jej použít s kapalinami na vodní bázi, jako jsou například řezné kapaliny. [8]

Podrobnější informace o oleji Quintolubric 888-46 jsou k dohledání v technickém listě oleje, který je jako příloha číslo 2. Lze zde dohledat veškeré parametry potřebné pro pozdější monitorování stavu oleje.

6. Provoz po optimalizaci hydraulického systému

Od provedení optimalizace byly hlášeny pouze 4 poruchy na hydraulickém systému. Jednalo se o vadný hydraulický ventil a výměna hydraulického válce klemování na vazači číslo 2, dále vyšroubovaná pístnice na hydraulickém válci zvedající rameno vazače číslo 7. Došlo k doplnění asi 20 l hydraulického oleje z důvodu nízké hladiny. Mimo poruchy na hydraulickém systému byly hlášeny i závady mechanického původu. Ty však nejsou předmětem sledování této práce. Mimo opravy probíhala pouze standartní údržba. Jedná se o čištění, seřízení přítlačných sekcí, nastavení výšky vazače, kontrola ložisek a hydraulického válce, kontrola stavu hladiny v nádrži.

6.1. Kontrolní rozbory oleje

Pro posouzení, zda optimalizace plní své předpoklady na zvýšení životnosti hydraulické náplně, bylo nutné provést kontrolní měření. Jedná se o rozbory oleje a měření teplot hydraulického okruhu.

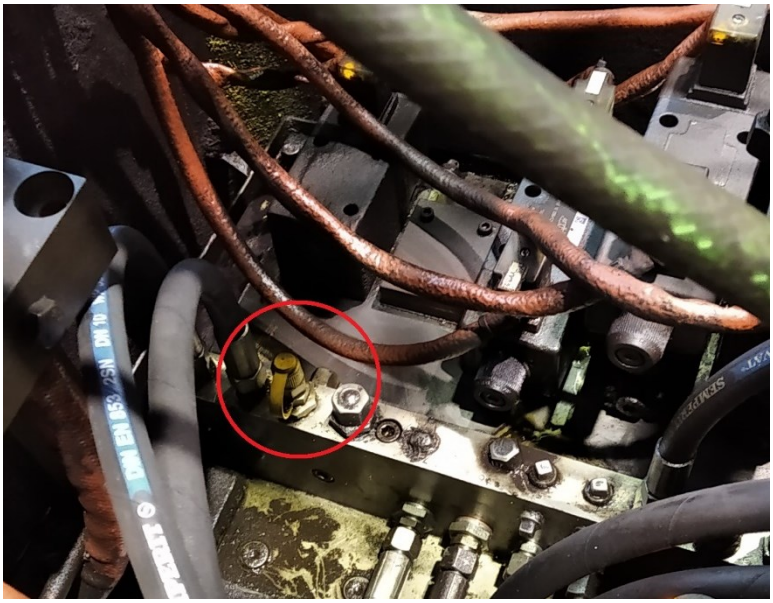
Celkově byly provedeny dva kontrolní odběry a dva referenční. Pro porovnání oleje v malé nádrži byly provedeny dva srovnávací odběry pocházející z pohonu záchytu svitku po svázání. Referenční vzorky oleje jsou Tygrol HYD HLP 46 a Quintolubric 888-46 odebrané z nového sudu. Referenční vzorky byly odebrány z důvodu potřeby porovnat nový olej a olej z provozu. Dále pak pro zjištění možné kontaminace jiným olejem.

6.1.1. Odběrná místa

Odběr referenčních vzorků proběhl z nových sudů přes vypouštěcí ventil. Před odběrem bylo nutné odstranit zátku a vyčistit prostor za ventilem. Poté bylo odebráno asi 200 ml oleje.

Obr. 25: Odběr referenčních vzorků oleje

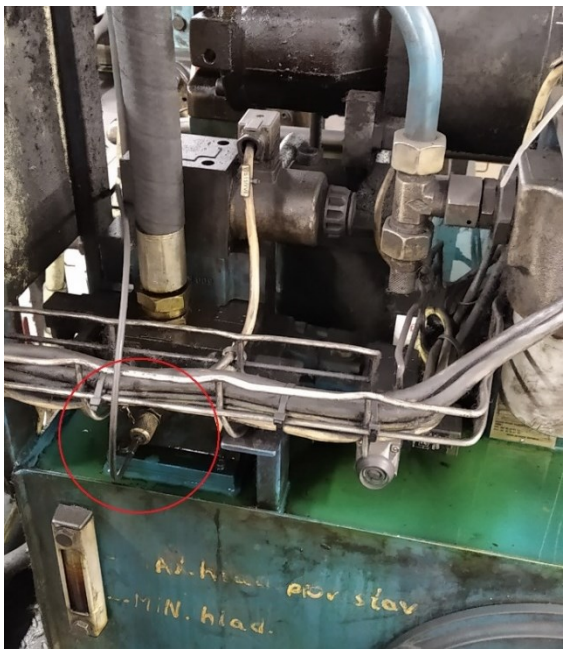
Místo odběru (obr. 26) oleje z hydraulického systému vazačů bylo provedeno z kontrolního místa vazače č. 1, kde je umístěn přechod na hadice typu minimes. Důvodem je společná hydraulická nádrž. Po našroubování hadice došlo k jejímu propláchnutí a následnému odběru vzorku. Poté byla hadice odšroubována a vstup opatřen krytkou proti vnikání nečistot.



Obr. 26: Odběrné místo hydraulického oleje

Pro možné porovnání vlastnosti velkého objemu hydraulické nádrže a malé nádrže byly provedeny porovnávací odběry. Jedná se o hydraulickou nádrž zachytávače svitků (obr. 27). Disponuje nádrží o objemu 120 l. Olejovou náplň tvoří hydraulický olej Quintolubric 888-46. Náplně obou nádrží jsou tedy totožné. Hydraulický okruh je také vybaven vodním chlazením. Odběr byl proveden také pomocí hadice minimes (obr. 28).

Obr. 27: Hydraulická nádrž zachytávače



Obr. 28: Odběrné místo zachytávače

6.1.2. Výsledky rozborů olejů

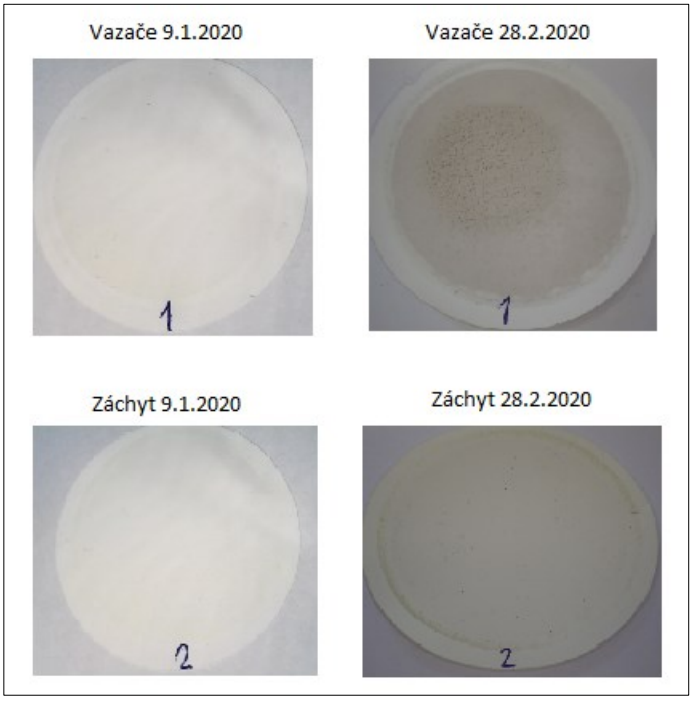
Vzorky byly podrobeny analýze, kde byly zjištěny parametry jako kinematická viskozita při 40 °C, obsah vody, kód čistoty, obsah měkkých kalů a prvková analýza. Jedná se o základní parametry, podle kterých lze zjistit aktuální stav oleje a posoudit jeho další provozuschopnost. Ze dvou odebraných vzorků z jednoho zařízení není možno vytvořit grafický náhled změny parametrů. Graf v podobě přímky nebude vykazovat žádný trend vývoje. Dokáže však odhalit počáteční zhoršení nebo zlepšení parametrů. Srovnání jednotlivých odběrů je v tabulce číslo 4.

Tabulka č. 4: Výsledky rozborů olejů

Parametr kvality	**Rozměr**	**Metoda**	Vazače 9.1.2020	Vazače 28.2.2020	Záchyt 9.1.2020	Záchyt 28.2.2020
kinematická viskozita při 40°C	$mm^2 \cdot s^{-1}$	ČSN EN ISO 3104	47,6	43,13	45,36	43,02
obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937	0,0245	0,009	0,0152	0,0103
kód čistoty	-	ČSN ISO 4406/99	14/13/10	16/15/12	15/14/-	16/15/11
kód čistoty	-	NAS 1638	6	8	6	8
Prvková analýza ED-XRF						
obsah Fe	ppm	metodika	< 1	< 0,2	< 0,4	13,6
obsah Cu			3,5	3,6	4,7	2,9
obsah Cr			11,5	7,2	12,1	6,2
obsah Sn			276,5	132,1	182,6	159,2
obsah Si			< 1	< 1	< 1	< 1
obsah Pb			0,6	0,5	0,4	0,4
obsah S	ppm	metodika	592,3	1193	1605	1136
obsah P			139,3	150,2	187,8	132,9
obsah Na			5641	3686	5114	3512
obsah Zn			11,7	98,4	109,4	91
obsah Ca			57,5	30,7	46,1	28,6
MPC - měkké kaly	ΔE	ASTM D 7843-12	3,6	21,1	4,8	16,4

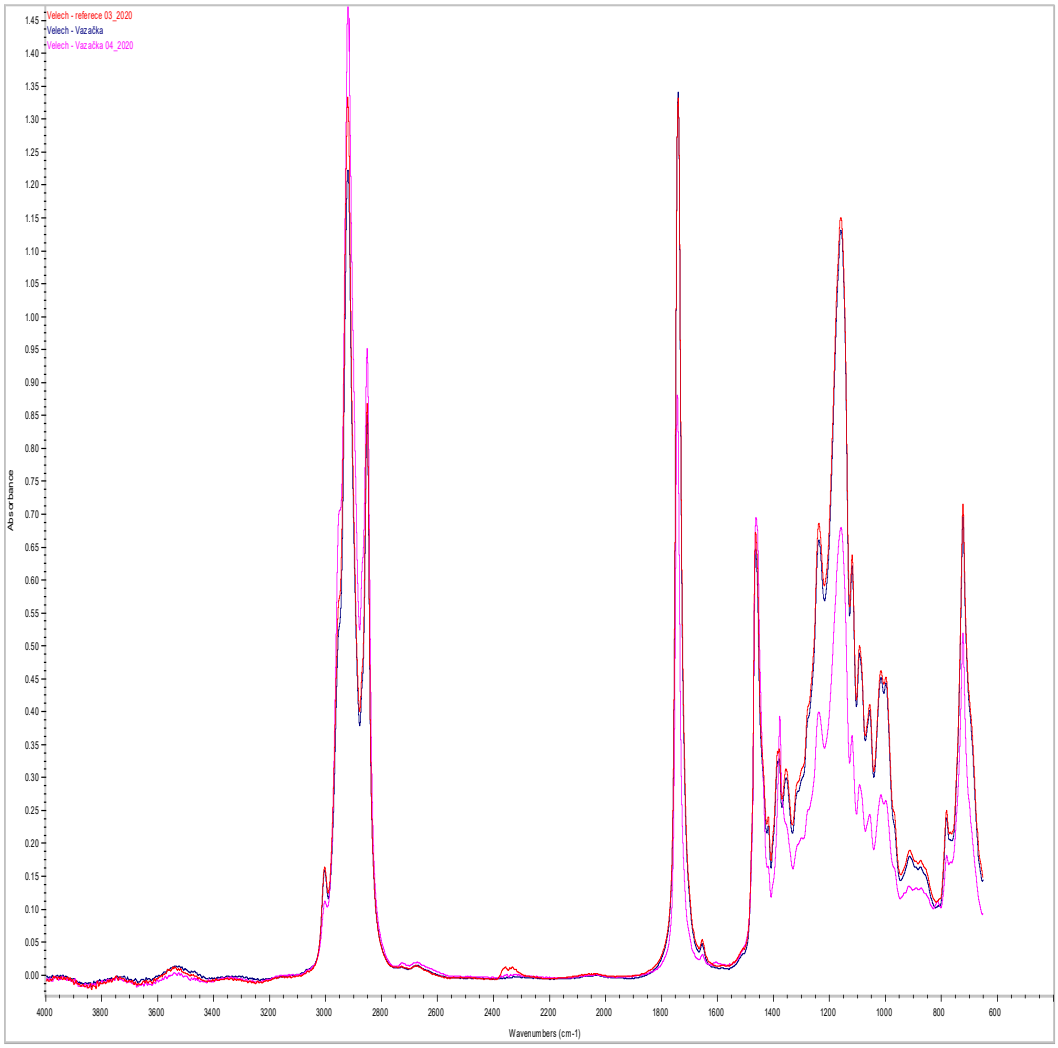
Z předcházející tabulky je zřejmé, že nedochází k výrazné degradaci oleje. Jediná zvýšená hodnota se týká pouze výskytu prvku cínu. To však nemusí nic znamenat. Rozsah dovolených koncentrací jednotlivých prvků se liší podle složení konkrétního oleje. V našem případě cín slouží jako součást aditiv a jeho vysoká koncentrace tedy neznamená zhoršený stav.

Zhoršení však vykazuje množství měkkých kalů. U vazačů došlo ke zhoršení o 17,5 ΔE. Hodnota není kritická. Jedná se pouze o zvýšenou hodnotu. U zachytávače došlo také ke zvýšení množství měkký kalů. Zvýšení je menší než u vazačů. Dále došlo u zachytávače ke zvýšení množství železa, a to téměř o 13,6 ppm. Hodnota není zatím kritická, ale pouze zvýšená. Zhoršení je viditelné také na obrázku porovnání jednotlivých filtrů (obr. 29) použitých pro stanovení množství měkkých kalů.



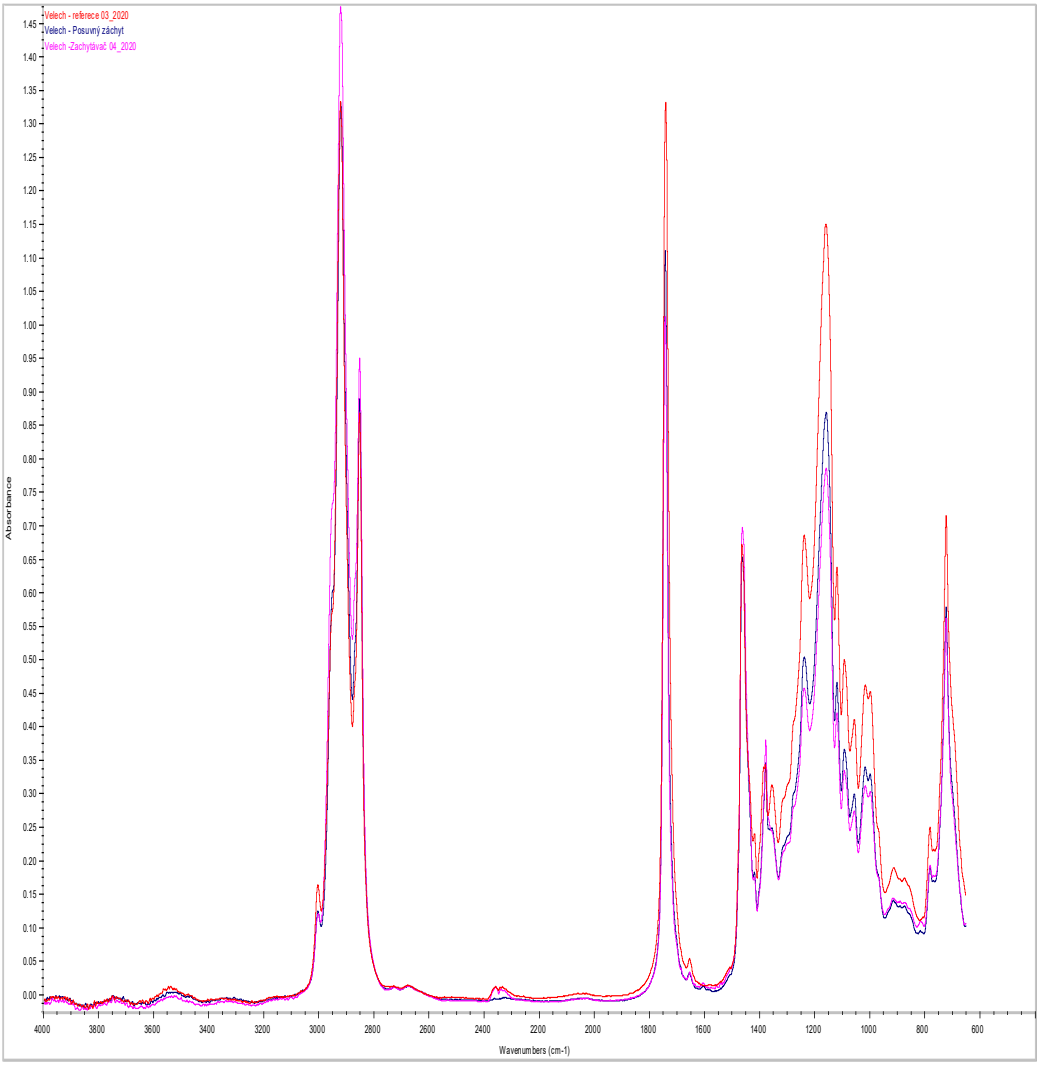
Obr. 29: Porovnání filtrů

Další metoda použitá pro vyhodnocení byla ATR. Jedná se o spektrální analýzu, která určuje přítomnost různých sloučenin v daném vzorku. Z výsledku lze určit přítomnost vody, oxidace, výpadky aditiv, příměs jiného vzorku oleje atd.



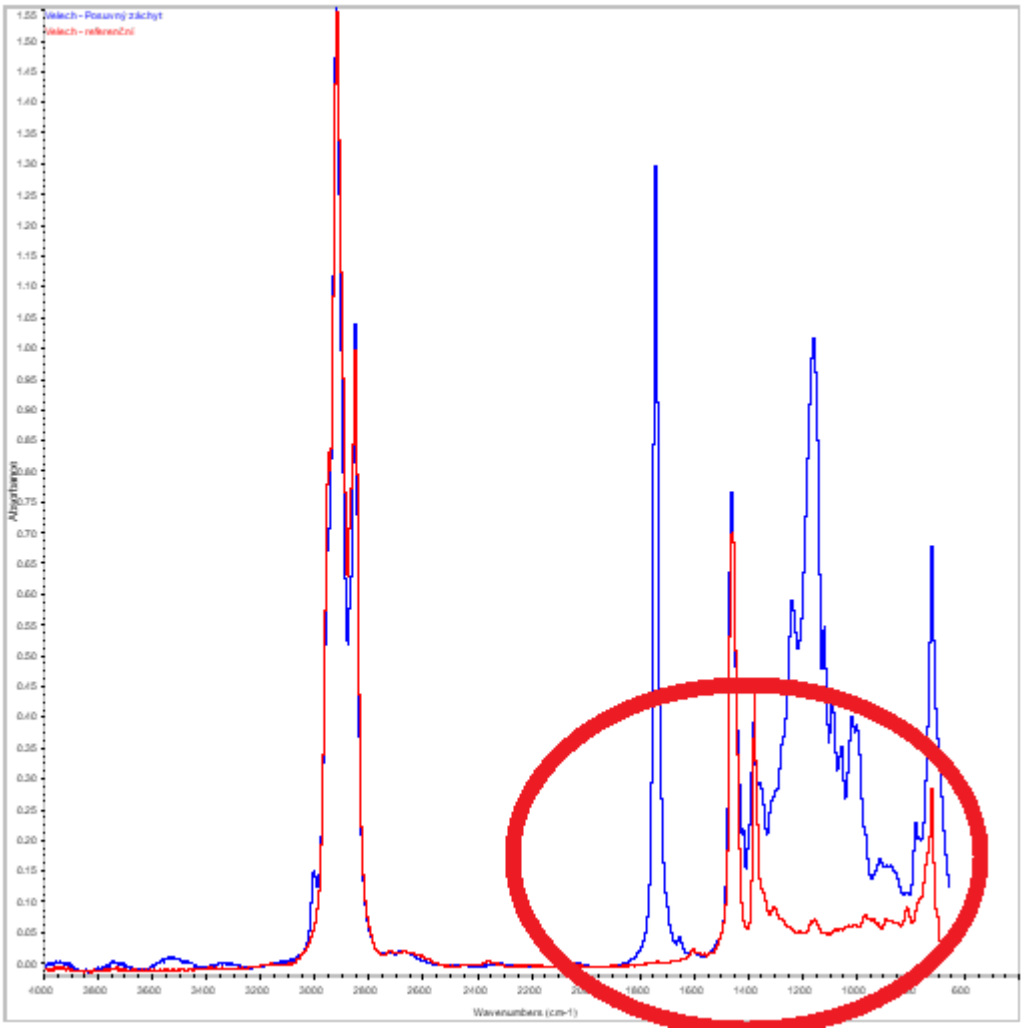
Obr. 30: Výsledek ATR, reference a vazačů

Z výsledku analýzy ATR pro referenci a vazače (obr. 30) je zřejmé, že oba vzorky nevykazují žádné neobvyklé hodnoty. Vzorek vykazuje standartní opotřebení oleje, mírný propad aditiv a degradace esterů. Není zde patrná známka kontaminace jiným olejem.



Obr. 31: Výsledek ATR, reference a zachytávače

Stejně jako u vzorků vazačů i vzorky ze zachytávače (obr. 31) nevykazují žádné známky kontaminace. Degradace esterů je minimální. Nepatrný úbytek aditiv. Vzorky vykazují minimální opotřebení oleje.



Obr. 32: Výsledek ATR, reference Tygrol HYD HLP 46 a Quintolubric 888-46 z vazačů

Pro snadnější odhalení možné kontaminace je na obrázku číslo 32 porovnání ropného a syntetického oleje. Na obrázku je patrný výrazný rozdíl v charakteristice jednotlivých olejů. Případná kontaminace se ve frekvenčním spektru okamžitě projeví změnou průběhu křivky. Změna by se vyskytovala v zakroužkované oblasti.

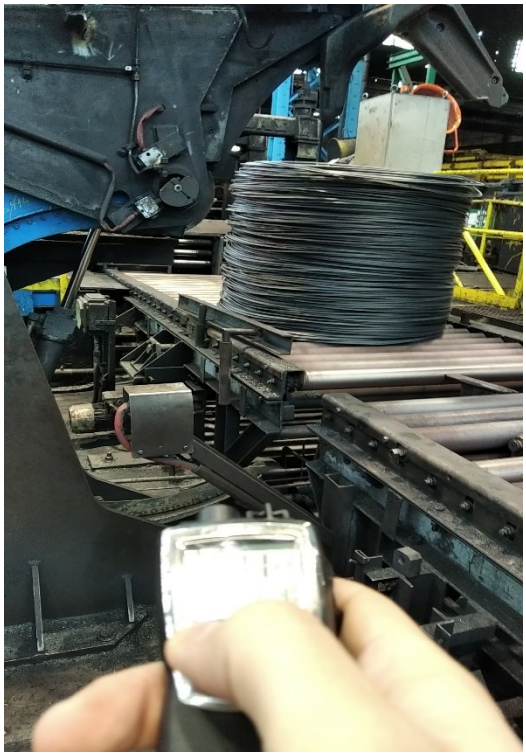
Veškeré protokoly vyhotovené z laboratorních měření se nacházejí v přiložených přílohách. Jedná se hlavně o souhrnné protokoly jednotlivých vzorků a protokolů z prvkové analýzy.

6.2. Kontrolní měření teploty

Kontrolní měření bylo prováděno pouze jako informativní. Důvodem bylo použití přístroje bez certifikace. Jednalo se o infračervený bezkontaktní teploměr Teso 810

(obr. 33). Přístroj umožňuje nastavení emisivity měřeného povrchu a měření aktuální teploty prostředí.

Aktuální průměr válcovaného drátu byl 8,5 mm. Emisivita byla nastavena na hodnotu 0,95. Měření probíhalo v místech vazací hlavy, kde byla naměřena teplota 122,6°C, dále pak na rozvaděči umístěném na zrušené olejové nádrži. Zde teplota dosahovala 47,6°C. Poslední měření se zaměřilo na centrální olejovou nádrž. Zde teplota dosahovala 45,8°C. Podle analogového teploměru byla teplota olejové nádrže 47°C. Srovnání s analogovým teploměrem potvrzuje správnost zvoleného způsobu měření teplot včetně nastavených podmínek a parametrů měření.



Obr. 33: Ukázka měření teploty přístrojem Teso 810

7. Závěr

Údržba strojů v náročných výrobních podmínkách panujících při výrobě drátů si klade za cíle stále zvyšovat životnost a snižovat počet poruch jednotlivých částí kontidrátové linky. Při každé poruše vzniká ztráta způsobená zastavením celého procesu výroby. Je proto důležité, aby jednotlivé součásti linky pracovaly po celou dobu plánované výroby a veškeré opravy se prováděly pouze při plánovaných odstávkách. Z důvodů, které nastaly při tvorbě této práce (vyhlášení nouzového stavu a následné uzavření prostorů vysoké školy pro studenty z důvodu pandemie), nebylo možné provést dostatečný počet odběrů vzorků oleje pro správné vyhodnocení jeho životnosti. Dále nebylo možné z časových důvodů provést termografické měření za účelem zjištění tepelně namáhaných míst v hydraulickém okruhu.

Z výše uvedených důvodů není možné objektivně posoudit, zda došlo ke zvýšení životnosti olejové náplně hydraulického obvodu vazačů. Z provedených rozborů, které jsou provedeny s rozestupem asi měsíc a půl, je patrné že, olejová náplň nevykazuje známky kritického opotřebení. Je zde zvýšené množství měkkých kalů, což je u provozu tohoto typu běžným jevem. I přes malý počet vzorků a jedno měření teploty lze říci, že optimalizace hydraulického obvodu vazačů byla správným krokem. Došlo ke snížení teploty olejové náplně o 25°C. Snížení teploty automaticky prodlouží životnost olejové náplně z důvodu snížení oxidace.

Cíle práce byly splněny. Po šesti měsících provozu (prosinec 2019 až květen 2020) nedošlo k výraznému zhoršení olejové náplně. Došlo pouze ke čtyřem poruchám na hydraulickém systému vazačů.

Vzhledem ke zvýšenému množství měkkých kalů doporučuji provedení dalších kontrolních odběrů a sledování vývoje jeho množství v náplni. Dále doporučuji provést chybějící termovizní měření pro zjištění tepelných uzlů.

Seznam zdrojů:

[1] O společnosti. *Https://libertyostrava.cz/* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://libertyostrava.cz/o-spolecnosti/o-spolecnosti.aspx

[2] Historie společnosti. *Https://libertyostrava.cz/* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://libertyostrava.cz/o-spolecnosti/historie-spolecnosti.aspx

[3] Závody. *Https://libertyostrava.cz/* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://libertyostrava.cz/o-spolecnosti/zavody.aspx

[4] Detailní technologické předpisy

[5] SUND BIRSTA AB. *Wire Binding Machine Type: KNRA: Operation and Maintenance*. Sundsvall, 2001.

[6] Technický list: Tygrol HYD HLP 46. *Www.lubstar.cz* [online]. 4.4.2014 [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: http://www.lubstar.cz/upload/files/cs/tigrol-hyd-hlp-46.pdf

[7] Záznam o termovizním měření 15/19

[8] QUINTOLUBRIC 888-46 Ohnivzdorná hydraulická kapalina HFD-U, Technický. *Www.quintolubric.com* [online]. 2016 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: www.quintolubric.com/wp-content/uploads/2014/02/td_quintolubric_888_46_CZ.pdf

[9] BAYER, Robert a Fluke. *Úvod do principů termografie* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65646

[10] PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické prvky a systémy*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2005. ISBN 80-248-0857-9.

[11] SCHINDLER, Ivo, Stanislav RUSZ a Tomáš KUBINA. *Válcování: učební text* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Opory_FMMI/633/633-Valcovani.pdf

[12] Production process. *Http://www.tycons.com/* [online]. 2012 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: http://www.tycons.com/product_en_03.htm

[13] *Attenuated Total Reflectance (ATR): ATR Sampling Technology for FTIR Applications* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.mt.com/my/en/home/products/L1_AutochemProducts/ReactIR/attenuated-total-reflectance-atr.html

[14] KOPÁČEK, Jaroslav. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00308-3.

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Příloha A: Technický list: TYGROL HYD HLP 46

TIGROL
Industry Performance

Technický list
TIGROL HYD HLP 46

Datum: 04.04.14

Popis produktu

Velmi kvalitní hydraulický olej vyráběný ze speciálního základového oleje a vyváženého balíku aditiv. Obsahuje účinné přísady proti oxidaci, korozi, opotřebení a pěnění a má i velmi dobrou schopnost odlučovat vzduch.
TIGROL HYD HLP 46 nabízí tyto další výhody:
Vysokou odolnost proti oxidaci, která je zárukou velmi dlouhé životnosti.
Velmi nízkou závislost viskozity na teplotě.
Neutrální chování vůči běžně používaným těsnicím materiálům.
Výbornou odolnost proti střihovému namáhání.
Velmi dobrou filtrovatelnost i při nižších teplotách.
Schopnost odolávat tvorbě trvalé emulze a odloučit vodu.

Použití

Používá se především pro hydrostatické hydraulické mechanismy, zejména vysokotlaké, vybavené hydro-generátory s vysokými požadavky na protiotěrový účinek oleje (lamelové, axiální a radiální pístové) a náročnými na jeho termooxidační stálost. Může být použit k mazání namáhaných oběhových soustav, ozubených převodů, k mazání pohyblivých dílů pomocí tzv. „olejové mlhy" a mnoha dalších aplikacích včetně běžných hydrodynamických systémů.

Kvalitativní standardy

DIN 51524-HLP
DIN 51502-H
ISO 6743/4 HM
ISO TC 28/SC 4
CETOP RP91H

Technická data

Hustota při 20 °C, kg/m3	860	ČSN EN ISO 3675
Viskozita, mm2/s		
při 40°C	46	ČSN EN ISO 3104
při 100°C	6,7	ČSN EN ISO 3104
Viskozitní index	115	ČSN ISO 2909
Bod vzplanutí °C	225	ČSN EN ISO 2592
Bod tuhnutí °C	-27	ČSN ISO 3016
Stupeň síly opotřebení FZG	>9	DIN 51 534 - 02 - A/8,3/90
Viskozitní třída	46	ISO VG

TIGROL Headquarter

Data uvedena v tomto technickém listu jsou určena k informaci o vlastnostech a možném použití produktu.
Ačkoliv jsou zde použity aktuální informace, autor tohoto dokumentu nenese žádnou zodpovědnost za škody způsobené neúplností a/nebo nepřesností těchto informací. V případě reklamace je nutné postupovat v souladu se všeobecnými dodacími podmínkami.
Další informace o bezpečném zacházení s produktem jsou obsaženy v listu s bezpečnostními údaji.

LUBES Schmierstoff GmbH
Obervalbert 12
57368 Lennestadt
Germany

Tel. +49 (0)800 992 992 9
www.tigrol.de
sales@tigrol.de

TIGROL CZECH
LUBSTAR, a.s.
277 44 Zlosyň č.p. 166
Czech republic

Tel. +420 315 781 199
www.tigrol.cz
prodej@tigrol.net

Příloha B: Technický list: Quintolubric 888-46, část 1

Quaker
It's what's inside that counts.

QUINTOLUBRIC® 888-46
OHNIVZDORNÁ HYDRAULICKÁ HFD-U KAPALINA
TECHNICKÝ LIST

VÝHODY

- Celosvětová dostupnost
- Vynikající střižná stabilita
- Oxidační stabilita nejlepší ve své třídě
- Šetří životní prostředí

FM APPROVED

APLIKACE

QUINTOLUBRIC® 888-46 byl navržen jako náhrada hydraulických kapalin na bázi minerálního oleje, které se používají u aplikací, kde existuje riziko vznícení. QUINTOLUBRIC® 888-46 lze rovněž použít u hydraulických aplikací citlivých na životní prostředí bez nutnosti dělat kompromis u všech operací hydraulického systému. Tento produkt neobsahuje vodu, minerální olej ani fosfátované estery a je založen na vysoce kvalitních, syntetických, organických esterech a pečlivě vybraných aditivech tak, aby bylo dosaženo vynikajícího výkonu hydraulické kapaliny. QUINTOLUBRIC® 888-46 nabízí stejnou úroveň mazání jako prémiové, protioděrové hydraulické oleje a může být použit s hydraulickými komponenty od všech významných výrobců.

PROCESNÍ KOMPATIBILITA

Graf na druhé straně obsahuje naše doporučení ohledně použití kapaliny QUINTOLUBRIC® 888-46 společně s běžně používanými elastomery. Uvedené aplikace elastomerů jsou "Statické" což se vztahuje na upevněné, nepohyblivé těsnění jako jsou kroužky u spodních plechů trubek a pevné nízkotlakové hadicové spoje; "Mírně dynamické", jejichž aplikace zahrnují akumulátorové měchy a hadicové výztuhy v místech, kde jsou hadice vystavovány vysokému tlaku a lehkému ohýbání; a "Dynamické", které se vztahují na kruhové uzávěry válců, hřídelové uzávěry čerpadel a nepřetržitě ohýbané hydraulické hadice.

VLASTNOSTI

VLASTNOSTI (METODA TESTU)	TYPICKÁ HODNOTA
Vzhled	Žlutá až jantarová kapalina
Kinematická viskozita (ASTM D445) Při 0°C Při 20°C Při 40°C Při 100°C	 320 mm²/s nebo cSt 109 mm²/s nebo cSt 47.5 mm²/s nebo cSt 9.5 mm²/s nebo cSt
Viskozitní index (ASTM D2270)	190
Hustota při 15°C (ASTM D1298)	0.92 g/cm³
Číslo kyselosti (ASTM D974)	2.0 mg KOH/g
Bod tuhnutí (ASTM D97)	< -30°C (< -22°F)
Test pěnivosti při 25°C (ASTM D892) Sekvence I	50-0 ml-ml
Ochrana proti korozi ISO 4404-2 ASTM D 665A/D130	 Splněno Splněno/1a
Dry TOST (ASTM D943 mod.)	800 hod./min
Bod vzplanutí (ASTM D92)	300°C (572°F)
Bod hoření (ASTM D92)	360°C (680°F)
Uvolňování vzduchu (ASTM D3427)	7 min
Čerpadlový test (ASTM D2882)	<5 mg opotřebení
Mazání převodu (DIN 51354-2)	>12 FZG load stage
Schopnost odlučovat vodu (ASTM D1401)	41-39-0 (30) ml-ml-ml (min.)

cz.quakerchem.com | quintolubric.com | info@quakerchem.com

Příloha C: Technický list: Quintolubric 888-46, část 2

Quaker
It's what's inside that counts.

QUINTOLUBRIC® 888-46
OHNIVZDORNÁ HYDRAULICKÁ HFD-U KAPALINA
TECHNICKÝ LIST

KOVY

QUINTOLUBRIC® 888-46 je kompatibilní se slitinami železa a oceli a s většinou neželených kovů a jejich slitin. Není kompatibilní s olovem, kadmiem a má omezenou kompatibilitu se slitinami obsahujícími vysoký podíl těchto kovů. QUINTOLUBRIC® 888-46 má omezenou kompatibilitu s galvanicky pokovenými povrchy, dobrou kompatibilitu se slitinami obsahujícími zinek. Pro tyto materiály jsou dostupné náhrady a měly by být použity.

BARVY A NÁTĚRY

QUINTOLUBRIC® 888-46 je kompatibilní s vícesložkovými epoxidovými nátěry. Vykazuje omezenou snášenlivost s jednosložkovými nátěry (obsahujícími zinkový prach). Doporučení ohledně speciálních nátěrů a aplikací lze získat od výrobců nátěrů nebo přímo od společnosti Quaker.

KAPALINY

QUINTOLUBRIC® 888-46 je kompatibilní a mísitelný téměř se všemi minerálními oleji, hydraulickými kapalinami polyolesterového typu a s některými (ale ne se všemi) fosfátovými estery. Není mísitelný ani kompatibilní s kapalinami obsahujícími vodu. Pro doporučení ohledně změny na Quintolubric prosím kontaktujte Quaker.

ELASTOMERY

ISO 1629	POPIS	S*	MD*	D*
NBR	Medium to high nitrile rubber (Buna N,>25% acrylonitrile)	C	C	C
FPM	Fluoroelastomer (Viton®)	C	C	C
CR	Neoprene	S	S	S
IIR	Butyl rubber	S	N	N
EPDM	Ethylene propylene rubber	N	N	N
PU	Polyurethane	C	C	C
PTFE	Teflon®	C	C	C

**(S – Statický, MD – Mírně Dynamický, D – Dynamický)
C = Kompatibilní
S = Uspokojivý pro krátkodobé použití, ale při první vhodné příležitosti se doporučuje náhrada za plně kompatibilní elastomery.
N = Není kompatibilní

STROJÍRENSKÉ INFORMACE

VLASTNOSTI (METODA TESTU)	TYPICKÁ HODNOTA
Specifické teplo při 20°C (D2766)	2.06 kJ/kg °C .49 Btu/lb °F
Koeficient tepelné expanze při 20°C (D1903)	6 X 10^{-4} per °C
Tlak páry (D2551) Při 20°C Při 66°C	 3.2 X 10^{-6} mmHg 7.5 X 10^{-6} mm Hg
Bulk Modulus při 20°C Při 210 bar Při 3,000 psi	 1.87 X 10^{5} N/cm² 266,900 psi
Tepelná vodivost při 19°C (ASTM D 2717)	0.167 J/sec/m/°C
Napětí elektrického průrazu (ASTM D 877)	30 kV

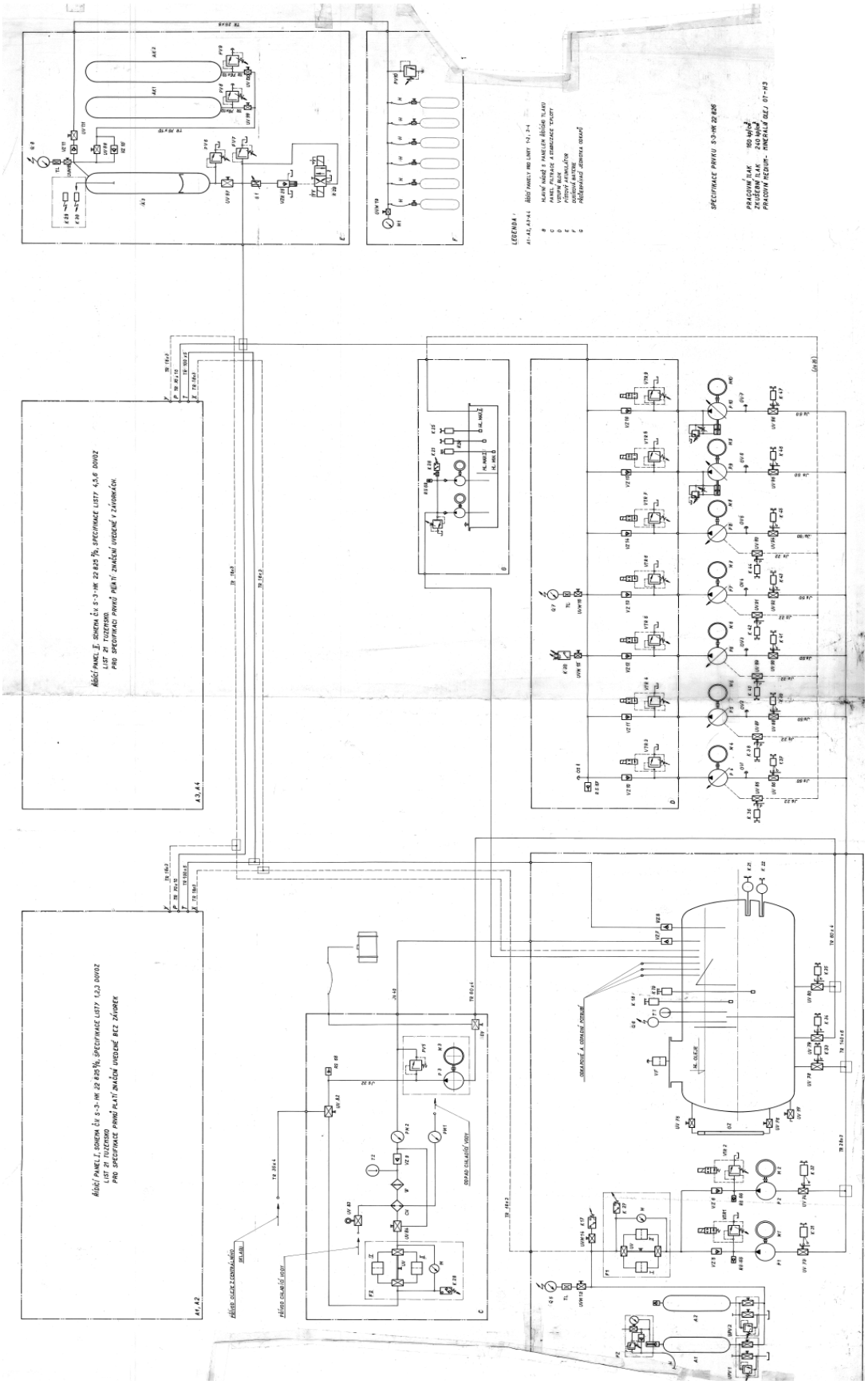
*country specific SDS are available

ÚDAJE Z TESTU VZNÍCENÍ	
Teplota samovznícení (DIN 51794)	>450°C

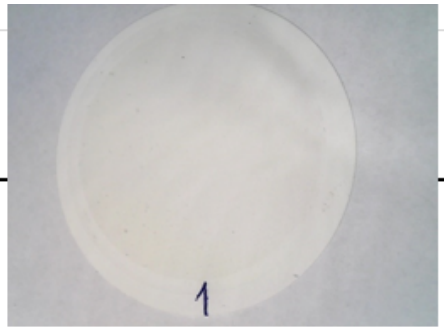
ÚDAJE TESTU BIOLOGICKÉ ODBOURATELNOSTI	
OECD-301 c	86.5% Biologická odbouratelnost po 28 dnech

cz.quakerchem.com | quintolubric.com | info@quakerchem.com

Příloha D: Původní hydraulické schéma centrální hydraulické stanice



Příloha E: Protokol z měření vazačů 9.1.2020



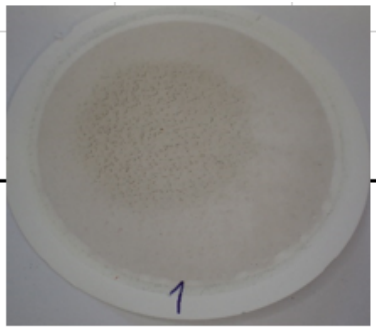
250 ml

VZOREK	
Číslo	1
Typ oleje	Hydraulický
Název	
Specifikace DIN	
Specifikace ISO	
Specifkace SAE	
Jiná specifikace	
Místo odběru	
Dodal:	
Datum převzetí	09.01.2020
navážka fitru (ml)	50 ml
Datum vypracování	25.02.2020

STROJNÍ ZAŘÍZENÍ	
Název	**Vazačka**
Typ-číslo stroje	
výrobní číslo	
Strojní uzel	
Množství provozní náplně	3 000 l
Doba provozu od posl. výměny	
Doba provozu celkem	
V průběhu provozu doplněno	

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota min.	Požadov. hodnota výstr.	Požadov. hodnota max.	Stanovená hodnota
Kinematická viskozita při 40°C	mm^2/s	ČSN EN ISO 3104	41,4		50,6	47,6
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0245
Mechanické nečistoty	$mg/100cm^3$	ČSN 65 6220		20	50	
Kód čistoty	-	ČSN ISO 4406/99		18/17/14	19/18/15	14/13/10
Kód čistoty	-	NAS 1638		9	10	6
Prvková analýza ED-XRF				**výstr.**	**max.**	**hodnota**
obsah Fe	ppm	metodika		10	30	< 1
obsah Cu	(mg/kg)			15	25	3,5
obsah Cr				12,5	20	11,5
obsah Sn				10	30	276,5
obsah Si				20	30	< 1
obsah Pb				12,5	20	0,6
Aditiva, degradace						**hodnota**
obsah S	ppm	metodika				592,3
obsah P	(mg/kg)					139,3
obsah Na						5641
obsah Zn						11,7
obsah Ca						57,5
Další výsledky						**hodnota**
MPC - měkké kaly	-	ASTM D 7843-12		15	40	3,6

Příloha F: Protokol z měření vazačů 28.2.2020



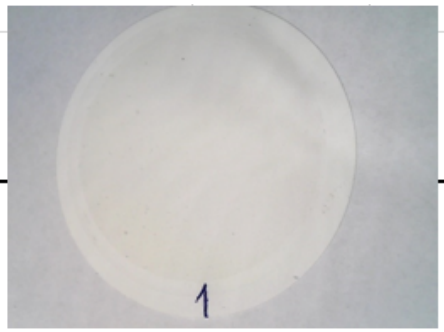
250 ml

VZOREK	
Číslo	2
Typ oleje	Hydraulický
Název	
Specifikace DIN	
Specifikace ISO	
Specifkace SAE	
Jiná specifikace	
Místo odběru	
Dodal:	
Datum převzetí	28.02.2020
navážka fitru (ml)	50 ml
Datum vypracování	05.05.2020

STROJNÍ ZAŘÍZENÍ	
Název	**Vazačka**
Typ-číslo stroje	
výrobní číslo	
Strojní uzel	
Množství provozní náplně	3 000 l
Doba provozu od posl. výměny	
Doba provozu celkem	
V průběhu provozu doplněno	

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota min.	Požadov. hodnota výstr.	Požadov. hodnota max.	Stanovená hodnota
Kinematická viskozita při 40°C	mm^2/s	ČSN EN ISO 3104	41,4		50,6	43,13
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,009
Mechanické nečistoty	$mg/100cm^3$	ČSN 65 6220		20	50	
Kód čistoty	-	ČSN ISO 4406/99		18/17/14	19/18/15	16/15/12
Kód čistoty	-	NAS 1638		9	10	8
Prvková analýza ED-XRF				**výstr.**	**max.**	**hodnota**
obsah Fe	ppm	metodika		10	30	< 0,2
obsah Cu	(mg/kg)			15	25	3,6
obsah Cr				12,5	20	7,2
obsah Sn				10	30	132,1
obsah Si				20	30	< 1
obsah Pb				12,5	20	0,5
Aditiva, degradace						**hodnota**
obsah S	ppm	metodika				1193
obsah P	(mg/kg)					150,2
obsah Na						3686
obsah Zn						98,4
obsah Ca						30,7
Další výsledky						**hodnota**
MPC - měkké kaly	-	ASTM D 7843-12		15	40	21,1

Příloha G: Protokol z měření zachytávače 9.1.2020



250 ml

VZOREK	
Číslo	1
Typ oleje	Hydraulický
Název	
Specifikace DIN	
Specifikace ISO	
Specifkace SAE	
Jiná specifikace	
Místo odběru	
Dodal:	
Datum převzetí	09.01.2020
navážka fitru (ml)	50 ml
Datum vypracování	25.02.2020

STROJNÍ ZAŘÍZENÍ	
Název	**Vazačka**
Typ-číslo stroje	
výrobní číslo	
Strojní uzel	
Množství provozní náplně	3 000 l
Doba provozu od posl. výměny	
Doba provozu celkem	
V průběhu provozu doplněno	

Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota min.	Požadov. hodnota výstr.	Požadov. hodnota max.	Stanovená hodnota
Kinematická viskozita při 40°C	mm^2/s	ČSN EN ISO 3104	41,4		50,6	47,6
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0245
Mechanické nečistoty	$mg/100cm^3$	ČSN 65 6220		20	50	
Kód čistoty	-	ČSN ISO 4406/99		18/17/14	19/18/15	14/13/10
Kód čistoty	-	NAS 1638		9	10	6
Prvková analýza ED-XRF				**výstr.**	**max.**	**hodnota**
obsah Fe	ppm	metodika		10	30	< 1
obsah Cu	(mg/kg)			15	25	3,5
obsah Cr				12,5	20	11,5
obsah Sn				10	30	276,5
obsah Si				20	30	< 1
obsah Pb				12,5	20	0,6
Aditiva, degradace						**hodnota**
obsah S	ppm	metodika				592,3
obsah P	(mg/kg)					139,3
obsah Na						5641
obsah Zn						11,7
obsah Ca						57,5
Další výsledky						**hodnota**
MPC - měkké kaly	-	ASTM D 7843-12		15	40	3,6

Příloha H: Protokol z měření zachytávače 28.2.2020

250 ml

			VZOREK			
			Číslo			2
			Typ oleje			Hydraulický
			Název			
STROJNÍ ZAŘÍZENÍ			Specifikace DIN			
Název	Posuvný záchyt		Specifikace ISO			
Typ-číslo stroje			Specifkace SAE			
výrobní číslo			Jiná specifikace			
Strojní uzel			Místo odběru			
Množství provozní náplně			Dodal:			
Doba provozu od posl. výmě			Datum převzetí			28.02.2020
Doba provozu celkem			navážka fitru (ml)			50 ml
V průběhu provozu doplněn			Datum vypracování			05.05.2020
Parametr kvality	Rozměr	Metoda	Požadov. hodnota			Stanovená hodnota
			min.	výstr.	max.	
Kinematická viskozita při 40°C	mm²/s	ČSN EN ISO 3104	41,4		50,6	43,02
TAN (Č. kyselosti)	mgKOH/g	ČSN ISO 6618		1	1,3	
Obsah vody	hm. %	ČSN EN ISO 12937		0,03	0,05	0,0103
Mechanické nečistoty	mg/100cm³	ČSN 65 6220		20	50	
Kód čistoty	-	ČSN ISO 4406/99		18/17/14	19/18/15	16/15/11
Kód čistoty	-	NAS 1638		9	10	8
Prvková analýza ED-XRF				výstr.	max.	hodnota
obsah Fe	ppm	metodika		10	30	13,6
obsah Cu	(mg/kg)			15	25	2,9
obsah Cr				12,5	20	6,2
obsah Sn				10	30	159,2
obsah Si				20	30	< 1
obsah Pb				12,5	20	0,4
Aditiva, degradace						hodnota
obsah S	ppm	metodika				1136
obsah P	(mg/kg)					132,9
obsah Na						3512
obsah Zn						91
obsah Ca						28,6
Další výsledky						hodnota
MPC - měkké kaly	-	ASTM D 7843-12		15	40	16,4

Příloha CH: Protokol z prvkové analýzy ED-XRF vazačů 9.1.2020

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2019/2020	
Sample Name		**Velech - Vazačka**	Velech - Vazačka	14.1.2020 19:01:51	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	46,2688	5641ppm	25ppm
16	S	Sulfur	880,7419	592,3ppm	1,0ppm
50	Sn	Tin	242,5000	275,6ppm	1,2ppm
15	P	Phosphorus	90,0566	139,3ppm	0,8ppm
20	Ca	Calcium	17,2261	57,5ppm	0,7ppm
73	Ta	Tantalum	59,8061	15,7ppm	0,3ppm
30	Zn	Zinc	139,3924	11,7ppm	0,1ppm
24	Cr	Chromium	14,4182	11,5ppm	0,6ppm
27	Co	Cobalt	9,4732	11,0ppm	0,9ppm
19	K	Potassium	1,4083	6,0ppm	0,8ppm
72	Hf	Hafnium	18,5050	5,0ppm	0,3ppm
29	Cu	Copper	29,1961	3,5ppm	0,1ppm
25	Mn	Manganese	11,1896	3,0ppm	0,2ppm
74	W	Tungsten	13,8951	2,5ppm	0,2ppm
28	Ni	Nickel	18,1617	1,8ppm	0,1ppm
22	Ti	Titanium	0,7427	1,2ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	1,4251	0,9ppm	0,2ppm
82	Pb	Lead	6,7432	0,6ppm	0,1ppm
80	Hg	Mercury	4,4710	0,5ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	5,3455	0,5ppm	0,1ppm
48	Cd	Cadmium	4,2603	0,5ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	8,3698	0,4ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,3802	0,4ppm	0,1ppm
92	U	Uranium	4,8306	0,2ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	10,9935	0,2ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
38	Sr	Strontium	5,8032	< 0,5ppm	(0,0)ppm
35	Br	Bromine	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
42	Mo	Molybdenum	1,1112	< 1,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
33	As	Arsenic	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	6,8435	< 5,1ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	9,2930	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,8527	< 101ppm	(0,0)ppm
26	Fe	Iron	52,4908	< 1,0ppm	(0,0)ppm
31	Ga	Gallium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
32	Ge	Germanium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	50,8770	< 2,0ppm	(0,0)ppm

Příloha I: Protokol z prvkové analýzy ED-XRF vazačů 28.2.2020

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2019/2020	
Sample Name		Velech - Vazačka	Velech - Vazačka	30.4.2020 12:14:32	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	47,3010	3686ppm	18ppm
16	S	Sulfur	2924,6492	1193ppm	1ppm
15	P	Phosphorus	159,4053	150,2ppm	0,6ppm
50	Sn	Tin	132,2070	132,1ppm	1,1ppm
30	Zn	Zinc	1931,0573	98,4ppm	0,2ppm
20	Ca	Calcium	15,7910	30,7ppm	0,4ppm
73	Ta	Tantalum	65,0515	10,1ppm	0,2ppm
24	Cr	Chromium	16,3239	7,2ppm	0,3ppm
27	Co	Cobalt	9,8364	6,7ppm	0,6ppm
12	Mg	Magnesium	1,9424	< 101ppm	(0,0)ppm
29	Cu	Copper	52,0429	3,6ppm	0,1ppm
72	Hf	Hafnium	19,1511	3,1ppm	0,2ppm
74	W	Tungsten	23,8716	2,7ppm	0,2ppm
25	Mn	Manganese	11,4856	1,7ppm	0,1ppm
28	Ni	Nickel	20,9181	1,3ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	12,7225	0,9ppm	0,1ppm
19	K	Potassium	0,6361	< 10ppm	(0,0)ppm
80	Hg	Mercury	7,1270	0,6ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	7,2700	0,5ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,4551	0,4ppm	0,1ppm
41	Nb	Niobium	0,6179	0,3ppm	0,2ppm
33	As	Arsenic	8,4144	< 0,5ppm	(0,2)ppm
92	U	Uranium	6,0668	0,2ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	7,5561	0,2ppm	0,1ppm
39	Y	Yttrium	10,6105	0,2ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	6,5632	0,1ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	4,3082	0,1ppm	0,1ppm
90	Th	Thorium	1,5987	< 0,1ppm	(0,1)ppm
26	Fe	Iron	57,1925	< 0,2ppm	(0,1)ppm
22	Ti	Titanium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
32	Ge	Germanium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	2,3123	< 2,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	1,4123	< 1,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	6,0497	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	4,8388	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	51,1100	< 2,0ppm	(0,0)ppm
42	Mo	Molybdenum	1,0066	< 1,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	9,3409	< 5,1ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
31	Ga	Gallium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm

Příloha J: Protokol z prvkové analýzy ED-XRF zachytávače 9.1.2020

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2019/2020	
Sample Name		**Velech - Posuvný záchyt**	Velech - Posuvný záchyt	14.1.2020 19:22:11	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	41,8956	5114ppm	30ppm
16	S	Sulfur	2374,0154	1605ppm	2ppm
15	P	Phosphorus	120,9983	187,8ppm	1,0ppm
50	Sn	Tin	167,7823	182,6ppm	1,1ppm
30	Zn	Zinc	1279,5245	109,4ppm	0,3ppm
20	Ca	Calcium	14,4666	46,1ppm	0,6ppm
73	Ta	Tantalum	63,5110	16,8ppm	0,3ppm
27	Co	Cobalt	11,0645	13,5ppm	1,0ppm
24	Cr	Chromium	14,8124	12,1ppm	0,6ppm
19	K	Potassium	1,8216	7,3ppm	0,7ppm
72	Hf	Hafnium	18,1367	5,0ppm	0,3ppm
29	Cu	Copper	38,7177	4,7ppm	0,2ppm
25	Mn	Manganese	12,0015	3,5ppm	0,2ppm
74	W	Tungsten	15,1872	2,8ppm	0,2ppm
28	Ni	Nickel	20,0758	2,1ppm	0,1ppm
22	Ti	Titanium	0,6420	1,0ppm	0,2ppm
41	Nb	Niobium	1,4153	0,9ppm	0,2ppm
80	Hg	Mercury	5,0760	0,6ppm	0,1ppm
81	Tl	Thallium	6,1759	0,6ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	5,3123	0,4ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,4550	0,4ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	3,8946	0,2ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	3,3894	0,1ppm	0,1ppm
37	Rb	Rubidium	5,4915	0,1ppm	0,1ppm
35	Br	Bromine	3,3161	0,1ppm	0,1ppm
90	Th	Thorium	1,4584	< 0,1ppm	(0,1)ppm
26	Fe	Iron	56,9847	< 0,4ppm	(0,0)ppm
92	U	Uranium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
12	Mg	Magnesium	0,0000	< 101ppm	(0,0)ppm
42	Mo	Molybdenum	2,0212	< 1,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	0,8244	< 2,0ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	3,2676	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	9,1027	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	4,0423	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	3,4961	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	55,6325	< 2,0ppm	(0,0)ppm
38	Sr	Strontium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	6,8647	< 5,1ppm	(0,0)ppm
31	Ga	Gallium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
32	Ge	Germanium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm

Příloha K: Protokol z prvkové analýzy ED-XRF zachytávače 28.2.2020

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2019/2020	
Sample Name		**Velech - Zachytávač**	Velech - Zachytávač	30.4.2020 12:38:03	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	45,7623	3512ppm	18ppm
16	S	Sulfur	2832,3306	1136ppm	1ppm
50	Sn	Tin	154,8069	159,2ppm	1,1ppm
15	P	Phosphorus	143,2906	132,9ppm	0,6ppm
30	Zn	Zinc	1813,3517	91,0ppm	0,2ppm
20	Ca	Calcium	15,1558	28,6ppm	0,4ppm
26	Fe	Iron	121,3858	13,6ppm	0,1ppm
73	Ta	Tantalum	62,5898	9,6ppm	0,2ppm
27	Co	Cobalt	10,0126	6,7ppm	0,6ppm
24	Cr	Chromium	14,6654	6,2ppm	0,3ppm
19	K	Potassium	1,7216	< 10ppm	(3,4)ppm
72	Hf	Hafnium	18,3340	2,9ppm	0,2ppm
29	Cu	Copper	42,2426	2,9ppm	0,1ppm
74	W	Tungsten	20,2220	2,2ppm	0,2ppm
25	Mn	Manganese	11,6590	1,7ppm	0,1ppm
28	Ni	Nickel	21,0989	1,3ppm	0,1ppm
12	Mg	Magnesium	1,8576	< 101ppm	(0,0)ppm
81	Tl	Thallium	7,1046	0,5ppm	0,1ppm
82	Pb	Lead	6,1919	0,4ppm	0,1ppm
22	Ti	Titanium	0,4498	< 2,0ppm	(0,0)ppm
41	Nb	Niobium	0,5372	< 0,3ppm	(0,3)ppm
80	Hg	Mercury	3,4807	0,3ppm	0,1ppm
40	Zr	Zirconium	1,2136	0,3ppm	0,1ppm
34	Se	Selenium	6,7556	0,2ppm	0,1ppm
33	As	Arsenic	5,9950	< 0,5ppm	(0,2)ppm
90	Th	Thorium	2,9707	< 0,2ppm	(0,1)ppm
35	Br	Bromine	4,6886	0,1ppm	0,1ppm
32	Ge	Germanium	0,7874	< 0,5ppm	(0,0)ppm
92	U	Uranium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
42	Mo	Molybdenum	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
47	Ag	Silver	0,6068	< 2,0ppm	(0,0)ppm
48	Cd	Cadmium	1,6165	< 2,0ppm	(0,0)ppm
13	Al	Aluminum	10,0894	< 5,1ppm	(0,0)ppm
51	Sb	Antimony	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
52	Te	Tellurium	7,5203	< 3,0ppm	(0,0)ppm
53	I	Iodine	0,0000	< 3,0ppm	(0,0)ppm
55	Cs	Cesium	0,0000	< 4,0ppm	(0,0)ppm
56	Ba	Barium	9,4401	< 2,0ppm	(0,0)ppm
57	La	Lanthanum	5,8242	< 2,0ppm	(0,0)ppm
58	Ce	Cerium	0,0000	< 2,0ppm	(0,0)ppm
38	Sr	Strontium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
23	V	Vanadium	0,0000	< 1,0ppm	(0,0)ppm
17	Cl	Chlorine	58,1269	< 2,0ppm	(0,0)ppm
37	Rb	Rubidium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm
14	Si	Silicon	2,2167	< 1,0ppm	(0,0)ppm
31	Ga	Gallium	0,0000	< 0,5ppm	(0,0)ppm